

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მ მჭედლიშვილი

სასამართლო-ქიმიური
ექსპერტიზის
საფუძვლები



I ნაწილი

დამტკიცებულია სტუ-ს
სასწავლო-მეთოდური
საბჭოს მიერ

თბილისი
2003

გამსჯილია ორგანიზმისათვის მკენე ნივთიერებების სახეები, მათი წარმოშობის წყაროები, ორგანიზმზე მოქმედების თავისებურებანი და მათი მეტაბოლიზმი. წარმოდგენილია შხამიანი ნივთიერებების მოქმედებაზე ბიომასალის გამოკვლევის ზოგადი პრინციპები; ბიომასალაში შხამის აღმოჩენის სპეციფიკური მეთოდები; საექსპერტო სამუშაოების ტექნიკა ქიმიურ კრიმინალისტიკაში.

განკუთვნილია სტუ-ს ქიმიური და კვების პროდუქტების ექსპერტიზის სპეციალობის სტუდენტებისათვის. დახმარებას გაუწევს აგრეთვე სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის საკითხებით დაინტერესებულ პირებს.

რეცენზენტები: ო. ჯაოშვილი
რ. სხილაძე
რ. შეყლაშვილი

ავტორისაგან

უკანასკნელ ათწლეულში საქართველოში მიმდინარე სოციალურ-პოლიტიკური და ეკონომიკური გარდაქმნების შედეგად მნიშვნელოვან ცვლილებას განიცდის უმაღლესი თუ საშუალო სპეციალური განათლების მქონე კადრების მომზადების სისტემა. გაიხსნა ბევრი ახალი ფაკულტეტი და სპეციალობა, ბევრმა მნიშვნელოვანი მოდერნიზაცია განიცადა. მათ რიცხვშია ქიმიური და კვების პროდუქტების ექსპერტიზის სპეციალობა, რომელიც, უკვე რამდენიმე წელია გახსნილია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში და ამზადებს ამ დარგის სპეციალისტებს.

უნივერსიტეტის მიერ დამტკიცებული სასწავლო გეგმის მიხედვით აღნიშნული სპეციალობის კურსდამთავრებული, ზოგადი ქიმიური და კვების პროდუქტების ექსპერტიზის საკითხებთან ერთად, კარგად უნდა ერკვეოდეს ექსპერტული სამუშაოების შესრულების ისეთ მნიშვნელოვან სფეროში, როგორიცაა სასამართლო ქიმია, მით უმეტეს, რომ არ არსებობს ერთიანი უნიფიცირებული სისტემა ამ დარგის სპეციალისტის მომზადების ხაზით. წინამდებარე სახელმძღვანელოს გამოცემა განპირობებულია იმითაც, რომ დღემდე ქართულ ენაზე არ არსებობს ლიტერატურა, რომელიც მინიმალურად მაინც დააკმაყოფილებდა აღნიშნული სპეციალობის სტუდენტის თუ დარგის მუშაკის მოთხოვნებს.

რამდენადაც აღნიშნულ დარგში მომუშავე ქიმიკოს-ექსპერტი კარგად უნდა ერკვეოდეს ორგანიზმში მოხვედრილი შხამიანი ნივთიერების განაწილების, მეტაბოლიზმის და გამოდევნის საკითხებში, წიგნის მნიშვნელოვანი ნაწილი დათმობილი აქვს ტოქსიკოლოგიურ ქიმიას. სახელმძღვანელოზე წაყენებული მოთხოვნები აღნიშნული საკითხის ფართო სპექტრით გაშუქების საშუალებას არ იძლევა; ჩვენ შემოვიფარგლეთ ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვანი იმ ნივთიერებების

I თავი

ტოქსიკოლოგიური ქიმია

1.1. შხამიანი ნივთიერების ცნება

ნივთიერებას, რომელიც მცირე რაოდენობით ორგანიზმზე მოხვედრისას ან შიგნით შეღწევისას (გარკვეულ პირობებში ფიზიკური ან ქიმიური ზემოქმედების შედეგად) იწვევს ორგანიზმის დაავადებას ან სიკვდილს, შხამი ეწოდება. შხამის ზემოქმედების შედეგად ორგანიზმის ჯანმრთელობის შერყევას ან სიკვდილს – მოწამელა ანუ ინტოქსიკაცია. ქიმიური შხამის ორგანიზმზე მოქმედების სიძლიერე მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. ესენია: ფიზიკური და ქიმიური თვისებები, ორგანიზმში შეღწეული ნივთიერების რაოდენობა, მისი აღნაგობა, ორგანიზმის მიერ მისი მიღების პირობები, ორგანიზმის მდგომარეობა შხამის მიღების მომენტში და სხვ. ამასთან ერთი და იგივე ნივთიერება ორგანიზმის მიერ მისი მიღებისას შეიძლება ასრულებდეს შხამის ან სამკურნალო ნივთიერების ფუნქციას.

ქიმიური მრეწველობის სწრაფ განვითარებასთან ერთად იზრდება ახალ-ახალი ქიმიური ნივთიერებების გამოშვება და მათი გამოყენება საზოგადოებრივი ცხოვრების სხვადასხვა სფეროში.

ბევრი მათგანი ტოქსიკურ ნაერთს წარმოადგენს, რომელთა კლასიფიკაცია შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა ნიშნების მიხედვით, რის გამოც ჯერ კიდევ არ არსებობს შხამიანი ნივთიერებებით მოწამელის კლასიფიკაციის ერთიანი სისტემა. დღეისათვის მოწამელის კლასიფიკაციას ძირითადად ახდენენ:

- 1) კლინიკური მიმდინარეობის თავისებურების მიხედვით;
- 2) მოწამელის პირობების მიხედვით;
- 3) მოწამელის გამომწვევი მიზეზების მიხედვით;

4) შხამიანი ნივთიერებების ორგანიზმში (ორგანიზმზე) მოხვედრის გზების მიხედვით.

კლინიკური მიმდინარეობის მიხედვით, მოწამელა შეიძლება იყოს მწვავე და ქრონიკული. მწვავე მოწამელას ადგილი აქვს შხამიანი ნივთიერების გაზრდილი დოზით ორგანიზმში მოხვედრისას. მოწამელა სწრაფად მზარდი სიმპტომატური მოვლენებით ხასიათდება და შეიძლება უმოკლეს დროში (რამდენიმე წამში, წუთში, საათში ან დღეში) სიკვდილით დამთავრდეს. უმეტეს შემთხვევაში მწვავე მოწამელა შემთხვევითი ხასიათისაა. არის განზრახ მოწამელის შემთხვევებიც: უკანასკნელი შეიძლება გვექონდეს მოკვლის ან გრძნობის დაკარგვის მიზნით, განზრახ თვითმოწამელის ან სხვისი მოწამელის მცდელობისას. განზრახ მოწამელა კვალიფიცირდება სისხლის საქმეთა დანაშაულად. შხამი პირობითი ცნებაა და ერთი და იგივე ნივთიერებამ სხეულში მოხვედრის გზების, მისი კონცენტრაციის, დოზის, ორგანიზმის ფიზიკური მდგომარეობის და ასაკის მიხედვით შეიძლება შეასრულოს შხამის (საწამლავის) ან წამლის ფუნქცია. არის თვითმკურნალობის მიზნით ძლიერმოქმედი ფარმაცევტული პრეპარატების გამოყენებით გამოწვეული მწვავე მოწამელის შემთხვევები, იშვიათად გვხვდება სამედიცინო პერსონალის ან აფთიაქის თანამშრომლის მიერ შეცდომის დაშვებით გამოწვეული მწვავე მოწამელის შემთხვევები (შემთხვევით ერთი წამლის სხვა უფრო ტოქსიკური წამლით შეცვლა, არასწორი დანიშნულების მიცემა და სხვ.).

ქრონიკული მოწამელა შესაძლებელია შხამიანი ნივთიერებების ისეთი დოზებით მრავალჯერადი მიღებისას, როდესაც იგი საკმარისი არ არის გამოიწვიოს მწვავე მოწამელა, მაგრამ ორგანიზმში კუმულირების შედეგად იგი იწვევს სხეულის რომელიმე (ან ერთდროულად რამდენიმე) ორგანოს დაზიანებას ან ფუნქციის მოშლას. ქრონიკული მოწამელა ხასიათდება არასიმპტომური და ნელი მსვლელობით.

ქიმიურ ქარხნებში, ფაბრიკებში, სხვადასხვა საწარმოებში, ქიმიურ ლაბორატორიებში, სადაც ადგილი აქვს ქიმიური ნივთიერებების დამზადებას ან მოხმარებას, მომსახურე პერსონალს ზანგრძლივი ღროის განმავლობაში უხდება კონტაქტი შხამიან ნივთიერებებთან. უსაფრთხოების წესების დარღვევის შემთხვევაში შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ქრონიკული მოწამვლის და შესაბამისად სხეულის ამა თუ იმ ორგანოს ფუნქციის მოშლას. ამ გზით მიღებულ დაავადებას პროფესიული ეწოდება.

აპარატების, საცავების, რეაქტორების ავარიისას ასევე მოსალოდნელია მწვავე მოწამვლა.

შემთხვევით მოწამვლებს მიეკუთვნება საყოფაცხოვრებო ხასიათის მოწამვლა, რასაც ადგილი აქვს საყოფაცხოვრებო და საოჯახო დანიშნულების შხამიანი ნივთიერებების დაუდევარი შენახვისა და გამოყენებისას. ხშირად მოწამვლის მიზეზი ხდება სათანადო სამედიცინო ორგანოების მიერ მოსახლეობის არასაკმარისი ინფორმირება ამა თუ იმ ფარმაცევტული პრეპარატის ტოქსიკურობის შესახებ. საყოფაცხოვრებო ხასიათის მწვავე მოწამვლა ზოგჯერ გამოწვეულია ნასვამ მდგომარეობაში მყოფი ადამიანის მიერ ალკოჰოლური სასმელის ნაცელად შხამიანი სითხის მიღებით.

ბავშვების მოწამვლის მიზეზი ხდება წამლების და ტოქსიკური ნივთიერებების დაუდევარი შენახვა. საყოფაცხოვრებო მოწამვლას მიეკუთვნება აგრეთვე ალკოჰოლიზმი და ნარკომანია. ერთმანეთისაგან უნდა განვასხვავოთ ნარკომანია და ტოქსიკომანია.

ნარკომანია ეწოდება ავადმყოფობას, რომელიც გამოწვეულია ნარკოტიკული ნივთიერებების ჯგუფს მიკუთვნებული სამკურნალო დანიშნულებისა და სხვა საშუალებების არასამედიცინო დანიშნულებით გამოყენების შედეგად. ტოქსიკომანია არის ავადმყოფობა, რომელიც გამოწვეულია ისეთი სამკურნალო დანიშნულების ან სხვა ნივთიერებების გამოყენებით, რომლებიც არ შედიან ნარკოტიკების

ჩამონათვალში, მაგრამ მათი სისტემატური გამოყენება უარყოფით სამედიცინო და სოციალურ შედეგებს იწვევს.

1.2. ორგანიზმის მიერ შხამის მიღების გზები

შხამის მოხვედრა ორგანიზმში შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა გზით: პირის ღრუთი, სასუნთქი გზებით, კანით, ლორწოვანი გარსით და სხვ.

ორგანიზმში შხამის მოხვედრა მეტწილად ხდება პირის ღრუთი (საკვებ პროდუქტებთან ერთად). კვების პროდუქტთან ერთად მოხვედრილი შხამი შეიწოვება საყლაპავი მილით ან საჭმლის მომნელებელი სხვა რომელიმე ორგანოთი. ისეთი შხამები, როგორებიცაა: ნიკოტინი, ფენოლი, ციანიდები, ნიტროგლიცერინი და სხვ., ძირითადად შეიწოვებიან პირის ღრუს ლორწოვანი გარსით. ამიტომ ეს ნივთიერებები არ განიცდის კუჭის წვენის ზემოქმედებას და არ ხდება მათი მოხვედრა ღვიძლში. პირის ღრუს ლორწოვანი გარსით ნაწილობრივ შეიწოვება აგრეთვე ეთილის სპირტი და ზოგიერთი ნივთიერების სპირტხსნარი.

შხამიანი ნივთიერების შეწოვა ორგანიზმში ძირითადად კუჭით და წვრილი ნაწლავით ხდება. შეწოვის სიჩქარე დამოკიდებულია შესაწოვი ნივთიერების ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე, კუჭ-ნაწლავის მჟავიანობაზე. მჟავა და ფუძე თვისებების მქონე ნივთიერებები კუჭ-ნაწლავიდან შეიწოვება არადისოცირებულ მდგომარეობაში. კუჭის წვენის მჟავიანობა (pH) 1-ის ტოლია. ამიტომ ესა თუ ის მჟავა თვისების მქონე ნივთიერება კუჭში რჩება არადისოცირებულ მდგომარეობაში; ამდენად მათი შეწოვა ხდება მოლეკულური ფორმით. ასეთ ნივთიერებათა რიცხვს მიეკუთვნება ბარბიტურატები, რომლებიც კუჭის წვენის სიმჟავის მოქმედებით გადადიან მჟავურ ფორმაში

და რომლებიც მაღალი მჟავიანობისას იმყოფებიან არადისოცირებულ მდგომარეობაში.

ფუძე თვისების მქონე ორგანული ნივთიერებები (ალკალოიდები, ამინები) შეიწოვება კუჭის ლორწოვანი გარსის მიერ, რადგან კუჭის წკენის მოქმედებით ადგილი აქვს მათ დაშლას და ორგანული მარილების წარმოქმნას. ალკალოიდების, მათი სინთეზური ანალოგების და ფუძე თვისების მქონე ორგანული ნივთიერებების (ამინების) შეწოვა შესაძლებელია წვრილი ნაწლავის ლორწოვანი გარსის მიერ, რადგან მისი $pH = 5,07 \div 7,07$. მჟავიანობის აღნიშნულ ფარგლებში ეს ნივთიერებები იმყოფება არადისოცირებულ მდგომარეობაში, რითაც იქმნება მათი შეწოვის ხელსაყრელი პირობები.

სასუნთქი გზების მეშვეობით ორგანიზმში შეიძლება მოხდეს ჰაერში მტერის ნაწილაკების, ორთქლის ან აირის სახით არსებული შხამები. სასუნთქი გზებით ორგანიზმში შხამის მოხვედრა ბირითადად სამრეწველო საწარმოებში ხდება; მოწამვლის მიზეზი შეიძლება გახდეს ავარიულ პირობებში ორგანიზმისათვის მავნე ნივთიერების გამოყოფა ჰაერში, ან როდესაც არ ხდება საწარმოო შენობის კარგი ვენტილაცია.

1.3. ორგანიზმის მიერ შხამის შეწოვა, განაწილება, შეკავშირება და გამოყოფა სხვადასხვა ორგანოების მიერ

ორგანიზმში მოხვედრილი შხამის გადასვლა უჯრედშორის სითხეში, შემდეგ კი – უჯრედებში წარმოებს მუდმივ ცირკულაციაში მყოფი სისხლისა და ლიმფის მეშვეობით. შხამის განაწილება ორგანიზმში დამოკიდებულია აგრეთვე პლაზმისა და ცილების მიერ მათი შეკავშირების, ლიპიდებში

გახსნის უნარზე, იონიზაციის ხარისხზე და სხვ.

შხამების, ისევე როგორც ორგანიზმში მოხვედრილი სხვა ნივთიერებების, შეწოვა საჭმლის მომწელებელი ორგანოებიდან, ფილტვებიდან თუ შხამის მოხვედრის სხვა ადგილებიდან წარმოებს უჯრედული მემბრანების სისტემის მეშვეობით.

სისხლში მოხვედრილი შხამების გადასვლა მემბრანაში შერჩევითია და დამოკიდებულია როგორც შხამიანი ნივთიერების აღნაგობაზე, ისე მემბრანის სახეობაზე. მემბრანის ტიპის მიხედვით არსებობს შხამიანი ნივთიერების ქსოვილში გადატანის რამდენიმე მექანიზმი.

ნივთიერების მოხვედრა უჯრედში დიფუზიის კანონებით წარმოებს. ნივთიერების გადასვლა მემბრანის გავლით იმ შემთხვევაში ხდება, როდესაც მისი კონცენტრაცია უჯრედშორის სითხეში უფრო მეტია, ვიდრე თვით უჯრედში. გადასვლა ხდება წონასწორობის დამყარებამდე ანუ მემბრანის ორივე მხარეზე ნივთიერების კონცენტრაციების გათანაბრებამდე.

პირველი ტიპის მემბრანით უჯრედში გადასვლა შეუძლია ლიპოფილური და პოლარული შედგენილობის მოლეკულებს. ესენია: ეთილის სპირტი, ნიტრობენზოლი, ტოლუოლი, გოგირდნაზშირბადი, ქლორის, გოგირდის, აზოტის, ფოსფორის, დარიშხანის, ფთორის, იოდის შემცველი აირადი ნაერთები, დიქლორეთანი, არომატული ამინები, აცეტონი, ფენოლი და მათი ანალოგები. პირველი გვარის მემბრანები ხასიათდება ულტრამიკროსკოპული არხებით. დიფუზიით შესაძლებელია აგრეთვე ზოგიერთი უფრო მსხვილი მოლეკულების გადატანაც, მაგალითად, ცილების. უჯრედში მათი შეღწევა შედარებით მსხვილი არხების მეშვეობით ხდება.

მეორე გვარის მემბრანაში იონების და ზოგიერთი პოლარული მოლეკულის შეღწევა შესაძლებელია მხოლოდ კომპლექსნაერთის სახით. მემბრანის შედგენილობაში შემაჯავლი ზოგიერთი ნაერთი ურთიერთქმედებს იონთან ან პოლარულ მოლეკულასთან კომპლექსის წარმოქმნით, რომელიც უკვე

თავისთავად აღწევს უჯრედამდე. მემბრანის შედგენილობაში შემაჯალ ნივთიერებებს სატრანსპორტო სისტემას უწოდებენ.

წარმოქმნილი კომპლექსნაერთები კარგად იხსნება მემბრანაში და ამ გზით დიფუნდირებს მემბრანის მეორე მხარემდე, კერძოდ, უჯრედამდე. უჯრედში მოხვედრისას კომპლექსნაერთები იშლება, რის გამოც გათავისუფლებული იონი ან პოლარული ნაერთი უჯრედში ხვდება.

მესამე გვარის მემბრანაში ადგილი აქვს ნივთიერების აქტიური გადატანის პროცესს. აქტიური გადატანისას ნივთიერება განიცდის ქიმიურ გარდაქმნას მემბრანის შემადგენელი კომპონენტების მეშვეობით, რომელიც თავისუფლად გადაადგილდება მემბრანის მეორე მხარეზე.

მეოთხე გვარის მემბრანის ფორების კედლებზე განლაგებულია დადებითად დამუხტული ნაწილაკები. ამის გამო, სისხლიდან (ისევე როგორც ლიმფიდან) მემბრანაში გავლის შესაძლებლობა ანიონებს აქვს. მემბრანის ფორებზე არსებული დადაბითად დამუხტული ნაწილაკებით წარმოებს კატიონების განზიდვა. მეოთხე ტიპის მემბრანაში არის აგრეთვე არაელექტროლიტების გამტარი ფორები.

სისხლში გადასული შხამიანი ნივთიერება ვრცელდება მთელ ორგანიზმში. ორგანოში ცირკულირებული სისხლის რაოდენობა დამოკიდებულია სისხლით ამ ორგანოს მომარაგების ინტენსივობაზე. ფილტვებში, ტვინში, გულსა და ღვიძლში გამავალი სისხლის რაოდენობა გაცილებით მეტია სხვა ორგანოებთან შედარებით; შესაბამისად ორგანიზმში მოხვედრილი შხამების დიდი რაოდენობა ხვდება ამ ორგანოებში. შხამიანი ნივთიერებები სისხლგამტარი კაპილარების მეშვეობით ჯერ უჯრედშორის სივრცეში ხვდება, შემდეგ მემბრანის გავლით – თვით უჯრედებში.

შხამების უმრავლესობა ორგანიზმში არათანაბრად ნაწილდება, რაც მრავალი სხვადასხვა ფაქტორითაა გამოწვეული. ესენია: ნივთიერების წყალში, ცხიმებსა და ლიპიდებში ხსნადობა, დისოციაციის უნარი, შედგენილობა,

ფუნქციონალური თვისებები და სხვ. ასე, მაგალითად, ქლორორგანული ნაერთები, საძილე და ანესთეზიური ნივთიერებები და სხვ. ხასიათდება ბიოლოგიურ მემბრანაში კარგი შეღწევის უნარით, რის გამო სწრაფად ნაწილდება ლიპიდებით მდიდარ ორგანოებსა და უჯრედებში.

ნარკოზად ქლოროფორმის გამოყენების შემთხვევაში ზურგისა და თხემის ტვინში მისი შემცველობა 50%-ით მეტია თავის ტვინთან შედარებით, რაც გამოწვეულია იმით, რომ თავის ტვინი გაცილებით ნაკლებ ლიპიდებს შეიცავს, ვიდრე ზურგისა და თხემის ტვინი. ბარბიტურატები ჯერ შეიწოვება თავის ტვინის მიერ, შემდეგ გადადის ლიპიდებით მდიდარ ორგანოებსა და ქსოვილებში.

ორგანიზმში არათანაბარი განაწილების შედეგად შხამები კონცენტრირდება (ლოკალიზდება) სხეულის ამა თუ იმ ორგანოებში. მაგალითად, ცხიმოვან ქსოვილებში ძირითადად დეპონირდება ცხიმში კარგად ხსნადი შხამები (ორგანული გამხსნელები, ნახშირწყალბადების ქლორნაერთი და სხვ.), ძვლის ტვინში – ბარიუმი, ფთორი, ტყვია, ბენზოლი და სხვ., ოქრო და ვერცხლი – კანში; ბისმუტი, დარიშხანი – ცილებით მდიდარ ქსოვილებში; ვერცხლისწყალი – თირკმელებში; კალციუმის იონები – უჯრედშორის სითხეში.

ორგანიზმის სხვადასხვა ნაწილებში შხამის განაწილება დამოკიდებულია აგრეთვე მოწამვლის ხასიათზე. მაგალითად, ვერცხლისწყლით და დარიშხანით მწვავე მოწამვლისას შხამის უდიდესი ნაწილი გროვდება თირკმელებში, ქრონიკული მოწამვლისას – ფრჩხილებში, ძვლებში, ნერვულ ქსოვილებსა და თმაში.

საკვლევი ობიექტის შერჩევისას ამა თუ იმ შხამის არათანაბარი განაწილების ცოდნას დიდი მნიშვნელობა აქვს ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზისათვის.

ორგანიზმში მოხვედრილი შხამები ცილებთან, ლიპოპროტეიდებთან, ცხიმებთან, სისხლის შემადგენელ კომპონენტებთან და სხვა ნივთიერებებთან წარმოქმნის

კომპლექსებს ან ქიმიურ ნაერთებს, რომელთა სიმტკიცე დამოკიდებულია ნივთიერების ბუნებასა და კავშირის ფორმაზე. ყველაზე უფრო მდგრად ფორმას განეკუთვნება კოვალენტური ბმით შეკავშირებული შხამები, რის გამოც ისინი დიდი ხნის განმავლობაში რჩებიან ორგანიზმში.

ცილოვანი ნაერთებიდან შხამებთან რეაქციაში ყველაზე ადვილად ალბუმინი შედის.

ცილოვანი ნივთიერებები ხასიათდება შხამებთან ურთიერთქმედების დიდი უნარით. მათგან ყველაზე აქტიურია მარტივი ცილა – ალბუმინი, რომელიც ხასიათდება მრავალი სხვადასხვა სახის შხამის ათვისების დიდი უნარით.

შხამების ცილებთან, ცხიმებთან და ორგანიზმის შემადგენელ სხვა ნივთიერებებთან კავშირის ფორმის და სიმტკიცის ცოდნა აუცილებელია ბიოლოგიური მასიდან შხამის იზოლირების ოპტიმალური პირობების შერჩევისას. ბიოლოგიური მასიდან შხამის იზოლირებისას საჭიროა შეიქმნას ისეთი პირობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ შხამსა და ცილებს (ან ორგანიზმის შემადგენელ სხვა ნაერთებს) შორის ბმის გაწყვეტას და შხამის გამოყოფას გამონაწურის, დისტილატის ან წყალხსნარის სახით; მაგალითად, ალკალოიდების და ბარბიტურატების იზოლირება ბიოლოგიური მასიდან შესაძლებელი ხდება ამომწვლილავი სითხის სათანადო pH-ის შერჩევით; ლითონთა იონების ცილებთან კავშირის გაწყვეტა მიიღწევა ბიოლოგიური მასის სრული დაშლის გზით და სხვ.

ორგანიზმში მოხვედრილი შხამი გარკვეულ ზემოქმედებას ახდენს მასზე და მეტაბოლიტის სახით ან უცვლელი ფორმით გამოიყოფა ორგანიზმიდან. ტოქსიკური ნივთიერების და მათი მეტაბოლიტების ორგანიზმიდან გამოდევნა ძირითადად ხდება თირკმლების, ღვიძლის, ფილტვების, ნაწლავების და კანის მეშვეობით. ზოგიერთი შხამის ან მისი მეტაბოლიტის გამოდევნა ერთდროულად რამდენიმე გზით ხდება, თუმცა მათგან ერთ-ერთი ასრულებს დომინანტის როლს. მაგალითად, ეთილის

სპირტის 10% ორგანიზმიდან სუნთქვის გზით განიღვენება ფილტვებიდან. მცირე რაოდენობით ეთილის სპირტის განდევნა ორგანიზმიდან წარმოებს ნერწყვით, შარდით, განავლით, რძით, ოფლით და ა.შ.

ორგანიზმიდან შხამების და მათი მეტაბოლიტების გამოდევნა მეტწილად ხდება თირკმლების მეშვეობით. თირკმლების გავლით შარდით წარმოებს წყალში კარგად ხსნადი შხამების გამოყოფა (შარდთან ერთად). რაც დაბალია ნივთიერების მოლეკულური მასა, მით მაღალია ორგანიზმიდან შარდით მისი გამოდევნის ხარისხი. სუსტი ორგანული მჟავებისა და ტუტეების გამოდევნა დამოკიდებულია შარდის pH-ზე. ტუტე რეაქციის მქონე შარდში ($\text{pH} > 7.0$) ადვილად გადადის სუსტი ორგანული მჟავები (ბარბიტურატები, სალიცილის მჟავა, სულფანილამიდური პრეპარატები და სხვ.); მჟავა რეაქციის მქონე შარდში ($\text{pH} < 7$) – ფუძე თვისების მქონე ორგანული ნაერთები (ხინინი, კოფეინი, აცეტანილიდი და სხვ.). იონების სახით არსებული ზოგიერთი ლითონები და მათი კომპლექსები ორგანიზმიდან განიღვენება თირკმლების მეშვეობით. თირკმლებით განიღვენება აგრეთვე კარგად დისოცირებადი ძლიერი ელექტროლიტები. ლიპოფილური ნივთიერებების განდევნა ორგანიზმიდან თირკმლებით არ ხდება, თუმცა ზოგიერთი მათი მეტაბოლიტი ძირითადად თირკმლების მეშვეობით განიღვენება.

ორგანიზმიდან მრავალი ტოქსიკური ნივთიერების გამოდევნაში განსაკუთრებულ როლს ასრულებს ღვიძლი. მრავალი შხამიანი ნივთიერება ღვიძლში განიცდის მეტაბოლიზმს, რომელთა შემდგომი გადასვლა ნალველში დამოკიდებულია მეტაბოლიტის ზომასა და მოლეკულურ მასაზე. ტოქსიკური ნივთიერების მოლეკულური მასის გაზრდით იმატებს ნალველით მისი გამოყოფის ინტენსივობა. შხამიანი ნივთიერებით გადატვირთული ნალველი გადადის კუჭში, საიდანაც შესაძლებელია შხამის ხელმეორედ მოხვედრა სისხლში. სისხლით ხელახლა შეწოვილი მეტაბოლიტები

ორგანიზმიდან განიდევნება თირკმლების მეშვეობით.

მთელი რიგი ორგანული შხამების (მძიმე ლითონები, ბრომიდები, იოდიდები, ეთილის სპირტი, აცეტონი, ფენოლი, ნახშირწყალბადების ქლორნაწარმები და სხვ.) განდევნა ორგანიზმიდან კანის მეშვეობით (ოფლით) წარმოებს. მეტუბური დედების რძეში გადადის შხამები: ეთილის სპირტი, ბარბიტურატები, კოფეინი, მორფინი, ნიკოტინი და სხვ.

ქიმიურ ნივთიერებათა ტოქსიკურობა განპირობებულია ტოქსიკურ ნივთიერებასა და გარემომცველ სამყაროზე ორგანიზმის ურთიერთქმედებით (რეაქციით). ამა თუ იმ შხამის ტოქსიკურობა დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორიცაა: შხამიანი ნივთიერების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები, დოზა და კონცენტრაცია, ორგანიზმში მოხვედრის გზა და შეღწევის სიჩქარე, ორგანიზმის სქესი და ასაკი, ინდივიდუალური განწყობა შხამის მიმართ, ორგანიზმის ფიზიკური მდგომარეობა შხამის მიღების მომენტში და სხვ.

მოწამელის ხარისხის მიხედვით ნივთიერების დოზისა და კონცენტრაციის კლასიფიკაცია მოცემულია სათანადო ლიტერატურაში [4, 19, 20]. დოზების მიხედვით განასხვავებენ ტოქსიკურ და სასიკვდილო დოზებს. ნივთიერების რაოდენობას, რომელიც იწვევს ორგანიზმში პათოლოგიურ ცვლილებებს, მაგრამ არ მთავრდება ლეტალური შედეგით (სიკვდილით), ტოქსიკური დოზა ეწოდება. შესაბამისად, სასიკვდილო დოზა ეწოდება ნივთიერების ისეთ მინიმალურ რაოდენობას, რომელიც ორგანიზმში მოხვედრისას სიკვდილს იწვევს. შხამიანი ნივთიერების დოზებს გამოსახავენ მასურ (გრამი, მილიგრამი, მიკროგრამი), მოცულობით (მლ), ბიოლოგიური აქტიურობის ერთეულებში. აღსანიშნავია, რომ შხამის მოქმედების ხარისხი დამოკიდებულია არა მარტო მის რაოდენობაზე, არამედ ორგანიზმში მისი ყოფნის ხანგრძლივობაზეც. ხშირად შხამის ტოქსიკურ და სასიკვდილო დოზებს გამოსახავენ მასის ან მოცულობის ერთეულებში კილოგრამ ცოცხალ ორგანიზმზე (გ/კგ, მგ/კგ, მკგ/კგ,

მლ/კგ, ...). აირადი ნივთიერების ტოქსიკურობის საზომად მიღებულია კონცენტრაცია ($\%$, გ/მ³, მგ/ლ ან მგ/დმ³). საცნობარო ლიტერატურაში მეტწილად არის ინფორმაცია ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციების (ზდკ) სახით. ზდკ-ში იგულისხმება ნივთიერების ის მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომლის ადამიანის ორგანიზმზე ყოველდღიური ზემოქმედება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში არ იწვევს არანაირ პათოლოგიურ ცვლილებას ან დაავადებას. ერთმანეთისაგან განსხვავდება ზდკ-ს მნიშვნელობები სამუშაო ზონაში, ატმოსფერულ ჰაერსა და წყალსატევებში. ატმოსფერულ ჰაერში ზდკ გამოისახება მგ/მ³-ში; წყალსატევებში – მგ/ლ-ში.

ქიმიური ნივთიერებების ტოქსიკურობაზე გავლენას ახდენს მათი აგრეგატული მდგომარეობა, წყალსა და ცხიმებში ხსნადობა, იონებად დისოციაციის უნარი და სხვ. სუნთქვის გზით ფილტვებში მოხვედრილი აირადი ნივთიერება ამჟღავნებს უფრო სწრაფი ზემოქმედების უნარს ორგანიზმზე, ვიდრე მყარი ან თხევადი, მოხვედრილი საჭმლის მომნელებელ ორგანოებში ან კანზე.

მყარი ნივთიერების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მისი დისპერსიულობის ხარისხზე. დაწვრილმანების ხარისხის გაზრდით ნივთიერების ტოქსიკურობა იზრდება, რაც სისხლსა და ორგანიზმში არსებულ სითხეში მათი გახსნის სხვადასხვა სიჩქარითაა განპირობებული.

ცხიმში ხსნადი ნივთიერებების ორგანიზმში შეღწევა და სისხლით მისი გადატანა სხეულის სხვადასხვა ორგანოში ადვილია კანის მეშვეობით.

წყალში ხსნადი ნივთიერებების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მათი გახსნისა და დისოციაციის უნარზე. ასე, მაგალითად, ბარიუმის ქლორიდი და ბარიუმის ნიტრატი, რომლებიც კარგად იხსნებიან წყალში, ხასიათდებიან მაღალი ტოქსიკურობით, ხოლო BaSO_4 , რომელიც პრაქტიკულად წყალში უხსნადია, ტოქსიკურ ზემოქმედებას არ ახდენს

ადამიანის ორგანიზმზე; As_2O_3 ნაკლები ტოქსიკურობით ხასიათდება, ვიდრე დარიშხანოვანმჟავას და დარიშხანმჟავას მარილები; ვერცხლისწყლის ორთქლი და განსაკუთრებით ვერცხლისწყლის მარილები ტოქსიკურია, მაშინ, როდესაც ლითონური ვერცხლი ტოქსიკურ ზემოქმედებას არ ახდენს ორგანიზმზე. თუმცა უნდა აღვნიშნოთ, რომ კუჭის წვენის ზემოქმედებით შესაძლებელია მისი ქიმიური გარდაქმნა და ორგანიზმის მიერ მისი შემდგომი შეწოვა; ლითონთა იონების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მათი ნაერთების წყალში ხსნადობაზე.

ერთი და იგივე ნივთიერების ტოქსიკურობა ადამიანსა და სხვა ცოცხალ ორგანიზმზე შეიძლება იყოს სხვადასხვა, რაც ძირითადად განპირობებულია მეტაბოლიზმის სხვადასხვა სიჩქარით.

სხვადასხვა გზით მოხვედრილი ზოგიერთი ნივთიერება ხასიათდება ტოქსიკურობის სხვადასხვა ეფექტით. მაგალითად, პექსანის დიდი რაოდენობით ჩასუნთქვისას 1-3წთ-ის შემდეგ მოსალოდნელია გრძნობის დაკარგვა. გაცილებით სუსტ ზემოქმედებას ახდენს კიდევ უფრო მეტი რაოდენობით ორგანიზმში მოხვედრილი პექსანი, საჭმლის მომნელებელი ორგანების მეშვეობით.

ნივთიერების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მის აღნაგობაზეც. მაგალითად, უჯერი ორგანული ნაერთები ხასიათდება მაღალი ტოქსიკურობით, ვიდრე მათი ანალოგი ნაჯერი ორგანული ნაერთები. ალილის სპირტი ($CH_2=CH-CH_2OH$) უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე პროპილის სპირტი. ტოქსიკურობით ხასიათდება ნაერთები, რომლებშიც გვაქვს ბმები: $=C=$, $S=$, $=C=C=$, $-N=C=$, $-NO_2$; ტოქსიკურობით ხასიათდება აგრეთვე ორგანული ნივთიერებები, რომელთა მოლეკულაში შეყვანილია ქლორის, ბრომის, იოდის, ვერცხლისწყლის, დარიშხანის, ფთორის ატომები. განშტოებული ჯაჭვის მქონე ნაერთების ტოქსიკურობა მეტია სწორი ჯაჭვის მქონე ნაერთებთან შედარებით. ჰომოლოგებში

მოლეკულური მასის გაზრდა შესაბამისად იწვევს ტოქსიკურობის გაზრდას. ციკლური ნახშირწყალბადები და მათი ნაწარმები უფრო ტოქსიკურობით ხასიათდება, ვიდრე ღია ჯაჭვის მქონე მათი ანალოგები. არის ზოგიერთი გადახვევებიც. მეთილის სპირტი უფრო მეტი ტოქსიკურობით ხასიათდება, ვიდრე ეთილის (ღვინის) სპირტი. ფორმალდეჰიდი უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე აცეტალდეჰიდი და სხვ.

1.4. ორგანიზმისათვის უცხო ნივთიერებების მეტაბოლიზმი

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, საკვები პროდუქტებით და წამლებით ორგანიზმში მოხვედრილი ნივთიერებები ფერმენტების მეშვეობით განიცდის სხვადასხვა გარდაქმნებს. ორგანიზმში მოხვედრილი ნივთიერებების ქიმიური გარდაქმნის პროცესს მეტაბოლიზმი ანუ ბიოტრანსფორმაცია ეწოდება. ბიოტრანსფორმაციით წარმოქმნილ ნივთიერებებს — მეტაბოლიტები. მეტაბოლიზმი ორგანიზმის ქსოვილებისა და უჯრედების განახლების აუცილებელი პირობაა. სხვანაირად შეუძლებელია ცილების, ცხიმების, ჰორმონების და ვიტამინების საშუალებით ცოცხალი ორგანიზმის უჯრედების, ქსოვილების და სხვათა მიღება. ანალოგიურად განიცდის გარდაქმნებს ორგანიზმში მოხვედრილი და მისთვის არასასურველი ნივთიერებებიც. ამ გარდაქმნებით მიღებული ნივთიერებები მონაწილეობას არ ღებულობს სასიცოცხლო მნიშვნელობისათვის საჭირო ქსოვილებისა და უჯრედების შექმნაში. პირიქით, შესაძლებელია დაარღვიოს ცხიმების, ცილებისა და სხვათა მეტაბოლიზმის ნორმალური პროცესები, გამოიწვიოს ორგანიზმის მოწამლა და სიკვდილიც კი. ასეთ ნივთიერებებს ორგანიზმისათვის უცხო ნივთიერებები (ოუნ) ანუ ქსანტობიოტიკები ეწოდება. ჩვენ მიერ ქვემოთ

განხილული იქნება ცოცხალი სხეულისათვის უცხო ნივთიერების გარდაქმნა (მეტაბოლიზმი) და ამ გარდაქმნისას ორგანიზმში მიმდინარე მოვლენები. მეტაბოლიტების უმრავლესობა უფრო ადვილად გამოიდევენება ორგანიზმიდან, ვიდრე ის ნივთიერებები, საიდანაც ისინი წარმოიქმნებიან. ამიტომ ორგანიზმისათვის უცხო ნივთიერებები უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე მათი მეტაბოლიტები. მეტაბოლიტების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები მნიშვნელოვნად განსხვავდება მათი შესაბამისი უცხო ნაერთების თვისებებისაგან. ამდენად ორგანიზმისათვის უცხო ნივთიერების ბიოლოგიური მასალისაგან გამოყოფის მეთოდი ზშირად არ გამოდგება მეტაბოლიზმის შედეგად მიღებული ნივთიერების გამოსაყოფად. ამასთან, მოწამვლის გამომწვევი შხამის რაოდენობაზე სრული წარმოდგენის შესაქმნელად ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში აუცილებელია როგორც შხამიანი ნივთიერების, ისე მისი მეტაბოლიტის იდენტიფიცირება და რაოდენობრივი განსაზღვრა. თუმცა ბევრი მეტაბოლიტის აღმოჩენის და რაოდენობრივი განსაზღვრის მეთოდი ჯერ კიდევ არ არის შემუშავებული. მეტაბოლიტების შემცველობაზე გამოკვლევის ძირითადი სირთულე დაკავშირებულია იმასთან, რომ ისინი ბიოლოგიურ მასაში ზოგჯერ ძალიან მცირე რაოდენობითაა. მათი გამოკვლევა მოითხოვს სპეციალურ მეთოდებს, რაც ყოველთვის ხელმისაწვდომი არ არის ქიმიკოს-ექსპერტისათვის.

შხამების უმრავლესობა მეტაბოლიზმს განიცდის ღვიძლში ფერმენტების მეშვეობით. ბიოტრანსფორმაციის შედეგად მიღებული ნაერთები (მეტაბოლიტები) გადადის ნალველაში, შემდეგ ნაწლავებში და გამოიდევენება ორგანიზმიდან. მეტაბოლიტების ზოგიერთი სახე ღვიძლიდან გადადის თირკმელში და ორგანიზმიდან განიდევენება შარდთან ერთად. უცხო ნაერთების მეტაბოლიზმი ნაწილობრივ შეიძლება მიმდინარეობდეს თირკმელებში, ფილტვებში, საჭმლის მომნელებელ ორგანოებში, კანსა და სხეულის სხვა ნაწილებში.

ზოგიერთი უცხო ნივთიერების მეტაბოლიზმის გამომწვევი ფერმენტი ორგანიზმში არ არსებობს, მაგრამ ამა თუ იმ უცხო ჩანართს უნარი აქვს თვითონ გახდეს მეტაბოლიზმის გამომწვევი მიზეზი. ასეთ ფერმენტებს ინდუცირებული ეწოდება.

მეტაბოლიტები, როგორც წესი, შეიცავს ფუნქციურ ჯგუფებს, რომლებიც განსაზღვრავენ მათ პოლარულობას და ხსნადობას. მეტწილად მეტაბოლიტები უფრო პოლარული მოლეკულებია, ვიდრე ორგანიზმში მოხვედრილი მათი შესაბამისი უცხო ნივთიერებები. მეტაბოლიტის პოლარულობის გაზრდით იზრდება მისი წყალში ხსნადობა, რაც ხელს უწყობს ორგანიზმიდან მეტაბოლიტის გამოყოფას (თირკმელებით).

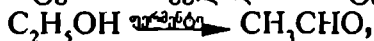
მეტწილად მეტაბოლიზმი ორგანიზმის უცხო ნივთიერებებისაგან თვითგაწმენდის (დეზინტოქსიკაციის) პროცესია. თუმცა არის ნივთიერებები, რომელთა მეტაბოლიზმით მიიღება ორგანიზმისათვის უფრო ტოქსიკური ნივთიერება. ასე, მაგალითად, მეთილის სპირტი უფრო ნაკლები ტოქსიკურობით ხასიათდება, ვიდრე მისი მეტაბოლიტი ფორმალდეჰიდი; კოდეინის მეტაბოლიზმით მიიღება ტოქსიკური ნივთიერება მორფინი; ფენაცეტილის მეტაბოლიზმით — პარაცეტამოლი, რომელიც უფრო მაღალი ფარმაცოლოგიური მოქმედებით ხასიათდება, ვიდრე ფენაცეტინი.

ორგანიზმისათვის უცხო ნივთიერების მეტაბოლიზმზე მრავალი ფაქტორი მოქმედებს. ერთი და იგივე ნივთიერების მეტაბოლიზმი ცხოველების და ადამიანის ორგანიზმში სხვადასხვაგვარად მიმდინარეობს. მეტაბოლიტური პროცესების მიმდინარეობა შეიძლება დამოკიდებული იყოს სქესზე, წლოვანებაზე, ფიზიკურ მდგომარეობაზე, კვებაზე, დაავადების სახეობაზე, ადამიანის სტრესულ მდგომარეობაზე, ორგანიზმში არსებული სხვა უცხო ნივთიერების არსებობაზე და სხვ. რიგ შემთხვევაში მეტაბოლიზმი ორ სტადიად მიმდინარეობს. პირველ სტადიაზე ფერმენტების დახმარებით ნივთიერება გარდაიქმნება მეტაბოლიტად, მეორე სტადიაზე მეტაბოლიტის

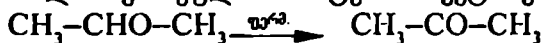
და ორგანიზმში არსებული სხვა ნივთიერებების ურთიერთქმედებით მიიღება კონიუგატები (შეუღლებული მოლეკულები).

მეტაბოლიზმის პირველ ფაზაზე ფერმენტების მოქმედებით ორგანიზმისათვის უცხო ნივთიერებებმა შეიძლება განიცადოს დაჟანგვა, აღდგენა, ჰიდროლიზი, დესულფირება, დეზამინირება, დეხალკილირება და სხვა გარდაქმნები.

ორგანიზმში მოხვედრილი უცხო ნივთიერებებიდან იჟანგება სპირტები. პირველადი სპირტები ალდეჰიდებში გადადის.

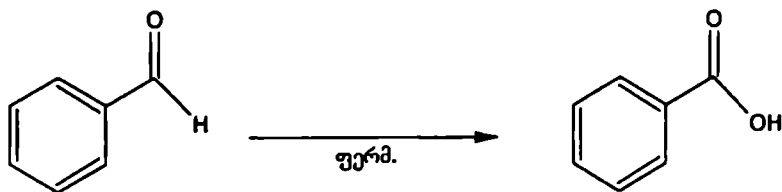


ხოლო მეორეული სპირტები – კეტონებში.



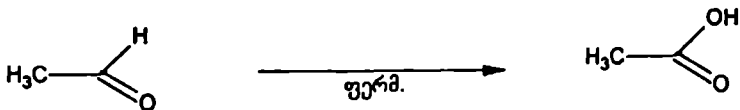
მეორეული სპირტების დაჟანგვის სიჩქარე პირველად სპირტებთან შედარებით გაცილებით დაბალია.

ფერმენტების მოქმედებით ალდეჰიდების დაჟანგვის პროდუქტებია კარბონმჟავები:



ბენზალდეჰიდი

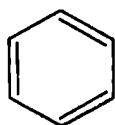
ბენზონის მჟავა



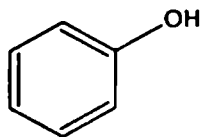
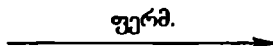
აცეტალდეჰიდი

ძმარმჟავა

ბენზოლის მეტაბოლიზმის შედეგად ფენოლი მიიღება

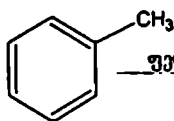


ბენზოლი

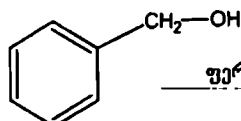
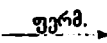


ფენოლი

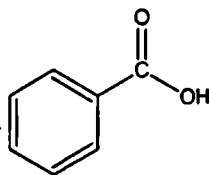
ბენზოლის ალკილნაწარმებზე ფერმენტების მოქმედებით პირველად დაჟანგვას განიცდის ალკილური ჯგუფები: დაჟანგვის პირველ საფეხურზე მიიღება სპირტები, მეორეზე – მჟავები



ტოლუოლი

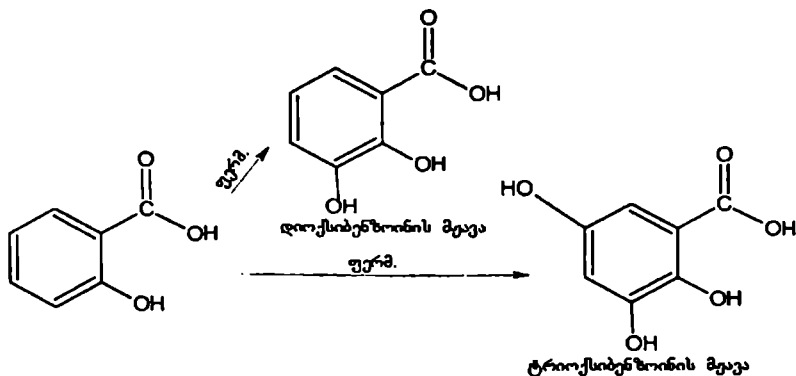


ბენზოლის სპირტი

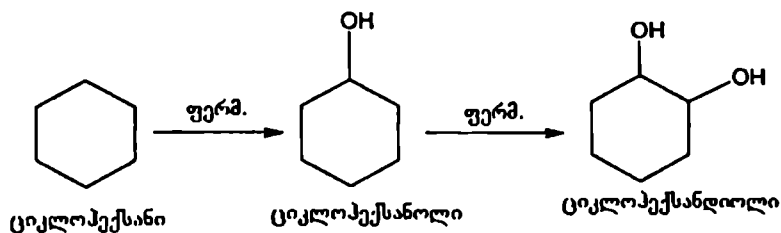


ბენზონის მჟავა

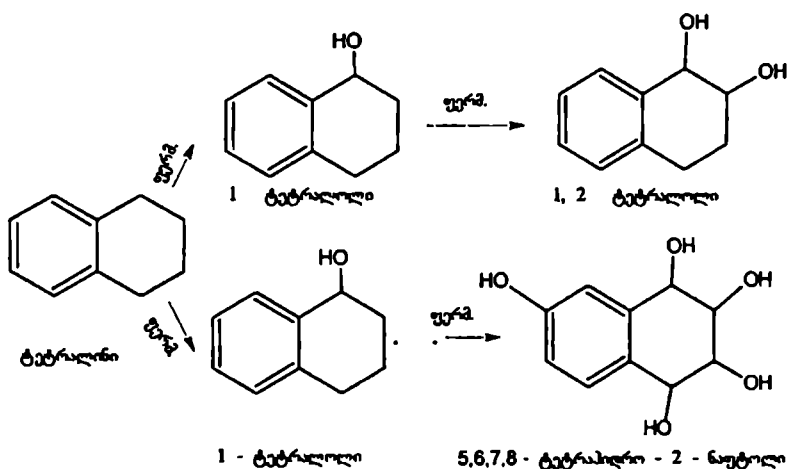
ორგანიზმში მოხვედრილი სალიცილის მჟავა ღვიძლის ფერმენტის მოქმედებით განიცდის მეტაბოლიზმს დიოქსიბენზონის და ტრიოქსიბენზონის მჟავას წარმოქმნით



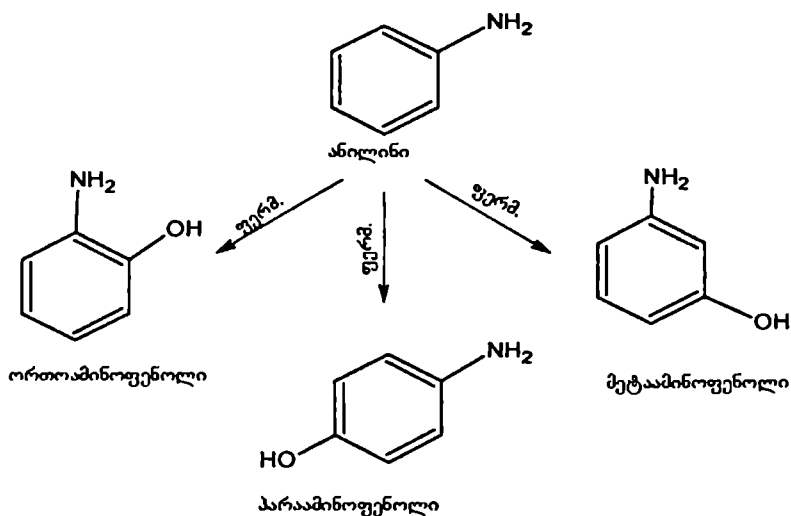
ჰიდროქსილირებას განიცდის აგრეთვე ალკილური ნაერთები



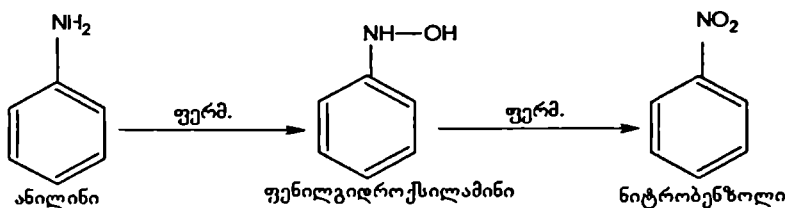
თუ ნაერთი ერთდროულად შეიცავს ალიციკლურ და არომატულ რგოლებს, პირველ რიგში ჰიდროქსილირდება ნაჯერი რგოლი. ბენზოლის ბირთვის ჰიდროქსილირება ხდება ნაჯერი რგოლის სრული ჰიდროქსილირების შემდეგ



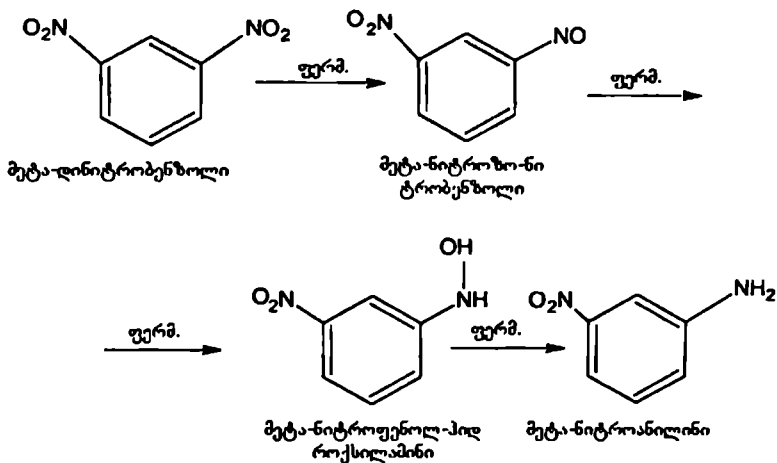
ანილინის ჰიდროქსილირებით ერთდროულად ხდება ორთო-, მეტა- და პარამინოფენოლების მიღება



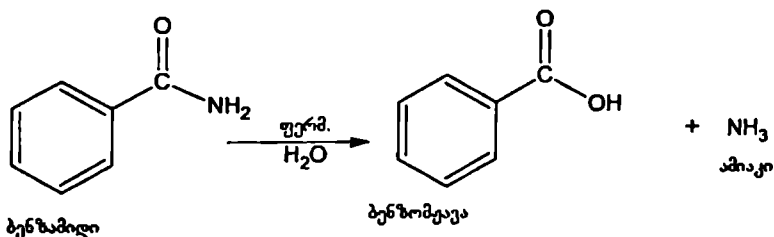
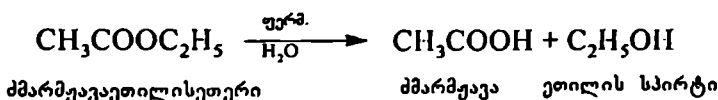
ორგანიზმის ზოგიერთი სახეობის ფერმენტის მეშვეობით ანილინის მეტაბოლიზმით ნიტრობენზოლი მიიღება

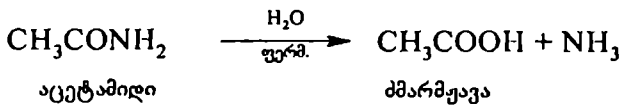


აღდგენითი უნარის მქონე ფერმენტებით აღდგენას განიცდის ნიტრონაერთები, დისულფიდები, სულფოქსიდები და სხვ.

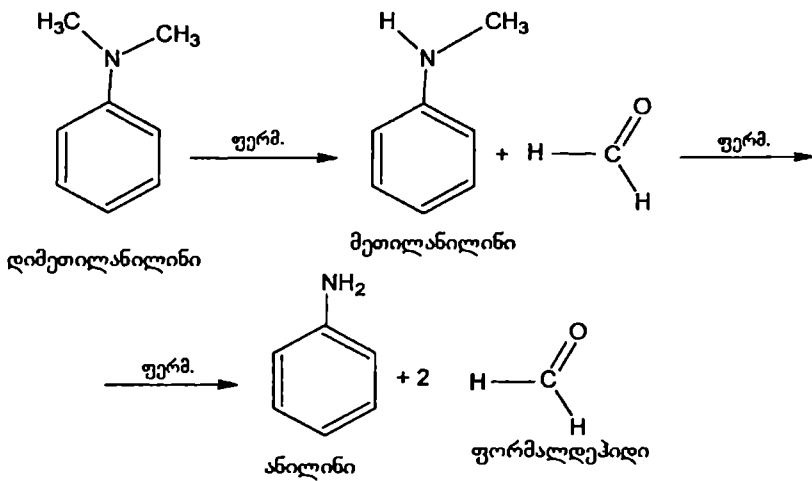


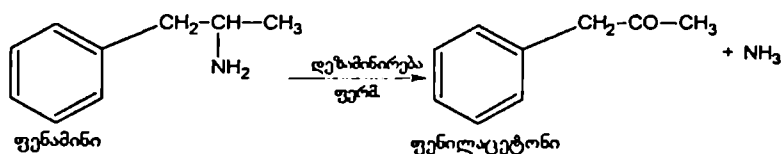
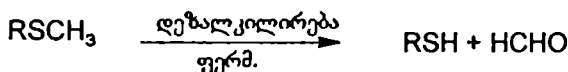
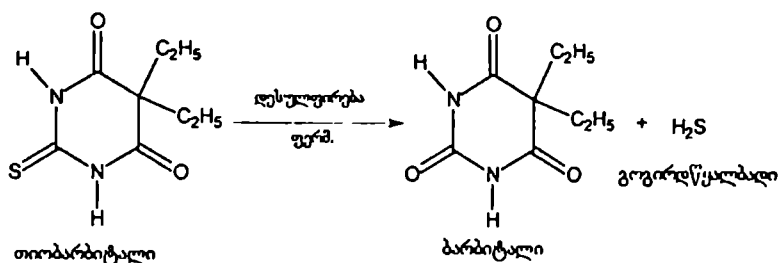
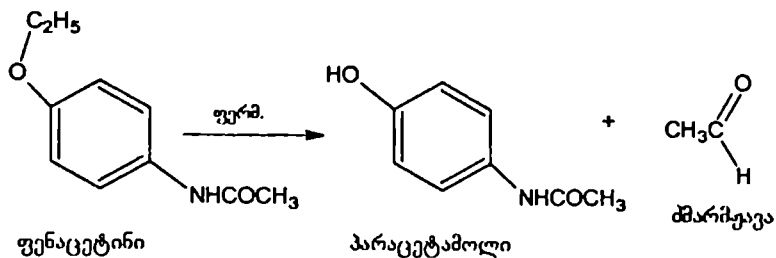
ორგანიზმში მოხვედრილი უცხო ნაერთები – რთული ეთერები, ამიდები, კარბონატები, ნიტრილები და ზოგიერთი სხვა ნივთიერებები ფერმენტების მეშვეობით ჰიდროლიზს განიცდის:





ორგანიზმში მყოფი ზოგიერთი ფერმენტული სისტემის მეშვეობით ნივთიერებები განიცდის დეზალკილირებას, დესულფირებას და დეზამინირებას. დეზალკილირების დროს ალკილის ჯგუფის მოწყვეტა მეტწილად მოლეკულაში შემავალი ჟანგბადის, აზოტის და გოგირდის ატომებიდან ხდება. სათანადოდ გვაქვს O, N, და S დეზალკილირება. მიიღება ფენოლები, ამინები, თიოლები და მათთან ერთად ალდეჰიდები:





მეტაბოლიტების ან ოუნების შერწყმა (კონიუგაცია) ორგანიზმში არსებულ სხვადასხვა ნივთიერებებთან მეტაბოლიზმის მეორე ფაზას წარმოადგენს. შერწყმის შედეგად მიღებული კონიუგატები გამოირჩევა უფრო დიდი პოლარულობით, ხასიათდება წყალში კარგი ხსნადობით

და ნაკლები ტოქსიკურობით, ვიდრე ოუნ-ები. ხსნადობის გაზრდის გამო ორგანიზმიდან მათი გამოდევნა ჩქარდება. ამდენად მეტაბოლიტების და ოუნ-ების კონიუგაციის პროცესები მიეკუთვნება ორგანიზმის ბუნებრივი დეტოქსიკაციის პროცესებს.

ფერმენტების დახმარებით მიმდინარე კონიუგაციის პროცესებში მონაწილეობას ღებულობს ორგანიზმში არსებული ამინომჟავები (გლიცინი, ცისტეინი და სხვ.), აცეტატები, გლუკონმჟავა და სხვ.

1.5. ორგანიზმისათვის უცხო ნივთიერებათა გარდაქმნის თავისებურება გვამში

ორგანიზმის სიკვდილის შემდეგ ადგილი აქვს გვამში ქსოვილების დაშლას. დაშლის შედეგად წარმოიქმნება ნივთიერებები, რომლებმაც შეიძლება ხელი შეუშალონ საკვლევ ობიექტში შხამების აღმოჩენას და მათი რაოდენობის განსაზღვრას. გვამის ლპობისას წარმოქმნილი ბევრი ნივთიერება, ისეთივე რეაქციას იძლევა, როგორსაც ზოგიერთი შხამი, რაც შეიძლება ექსპერტიზის დასკვნის გაყალბების მიზეზი გახდეს. გარდა ამისა, გვამის ლპობისას შესაძლებელია ორგანიზმში მოხვედრილი მოწამვლის გამომწვევი შხამის ქიმიური გარდაქმნა. გვამის ლპობის პროცესის პირველ ეტაპზე ადგილი აქვს ცილოვანი ნივთიერებების დაშლას (ე.წ. აუტოლიზს) შედარებით მარტივ ნივთიერებად. აუტოლიზის პროცესს ადგილი აქვს ცოცხალ ორგანიზმშიც, მაგრამ ამ დროს ორგანიზმის ცხოველქმედება დაბალანსებულია უჯრედების ხელახალი წარმოქმნით — სინთეზით. გვამის დაშლის პროცესში გამოიყოფა ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც ქსოვილის pH-ს დაბლა სწევენ, რაც, თავის მხრივ, ხელს უწყობს აუტოლიზის პროცესის დაჩქარებას. არის მთელი რიგი ფაქტორები, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიონ აუტოლიზის პროცესის დაჩქარება ან შენელება. აუტოლიზის პროცესს აჩქარებს ორგანიზმის სიცოცხლის დროს მიღებული დამწვრობა, ანთებითი პროცესი, მოყინვა და სხვ. პროცესის შეფერხებას იწვევს გვამში არსებული ციანიდები, ფთორიდები, დარიშხანის ნაერთები, გლუკოზიდები და სხვ.

გვამის დაშლის მეორე სტადიაზე მიმდინარეობს ლპობის პროცესი, რომელიც იწყება სიკვდილიდან 3–4 საათის შემდეგ. ლპობისას ადგილი აქვს ორგანიზმის შემადგენელი ცილოვანი ნივთიერებების კიდევ უფრო მარტივ ნივთიერებად დაშლას,

რომლებმაც შეიძლება ხელი შეუშალონ ქიმიკოს-ექსპერტის მიერ ბიომასალის გამოკვლევას. გვამის ლპობის პროცესის ინტენსივობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, ჰაერის ტენიანობაზე, მიკრობული ფლორის შედგენილობაზე, ჰაერის სიჭარბე-ნაკლებობასა და სხვა ფაქტორებზე. ცილოვანი ნივთიერებების ლპობისას საბოლოო დაშლის ერთ-ერთი პროდუქტი შეიძლება იყოს ამიაკი, გოგირდის შემცველი ამინომჟავების დაშლის პროდუქტი — გოგირდწყალბადი; ცილების დაშლისას ადგილი აქვს მერკაპტანების, ამინების, ორგანული მჟავების წარმოქმნას. ლპობისას ზოგიერთი ბაქტერიის მოქმედებით შესაძლებელია ცხიმების და ამინომჟავების გარდაქმნა სპირტებად (მეთილის, ეთილის, პროპილის, ბუტილის, ამილის, იზობუტილის და სხვ.). დადგენილია აგრეთვე, რომ გვამის ლპობისას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ალკალოიდების (ვერატრონი, სტრიხნინი და სხვ.) და მათი მსგავსი სხვა ნივთიერებების გამოყოფას, რომლებიც ხელს უშლიან ობიექტის შესწავლას ალკალოიდების შემცველობაზე. ამჟამად ცნობილია, რომ გვამის ლპობისას ადგილი აქვს 1300-მდე სხვადასხვა სახის ნივთიერების გამოყოფას. ბევრი მათგანი ისეთივე რეაქციას იძლევა, როგორსაც ის ნივთიერებები, რომელთა შემცველობაზე გამოკვლევა სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ობიექტს წარმოადგენს.

გვამის ლპობის პროცესში დაშლას განიცდის აგრეთვე ოუნ-ები და მათი მეტაბოლიტები. ამასთან ორგანული შხამები და მათი მეტაბოლიტები უფრო სწრაფად იშლება, ვიდრე არაორგანული. თუმცა ზოგიერთი ორგანული ტოქსიკური ნივთიერება (ატროპინი, კოკაინი და სხვ.) შეიძლება დარჩეს გვამში რამდენიმე თვის და ზოგჯერ წლის განმავლობაში.

ორგანული შხამების გვამში გარდაქმნის გზები ორგანიზმის შემადგენელი ნივთიერებების გარდაქმნის ანალოგიურია (დაჟანგვა, აღდგენა, დეზამინირება, დესულფირება და სხვ.). გარდაქმნის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია გვამის საერთო

მდგომარეობაზე, ტენიანობაზე, ჰაერის შეღწევადობაზე, ლპობის ზანგრძლივობაზე, ტემპერატურაზე და სხვ.

ბარიუმის და ანთიმონის ნაერთები გვამის ნარჩენებში შეიძლება აღმოჩნდეს სიკვდილის დადგომიდან 5 წლის შემდეგაც; ღარიშხანის და თალიუმის ნაერთები 8-9 წლის შემდეგაც.

1.6. შხამების კლასიფიკაცია, მათი გამოყენების სფერო. შხამების ზემოქმედებით გამოწვეული ცვლილებები ორგანიზმში

ცოცხალ ორგანიზმზე მავნე ზემოქმედების უნარის მქონე ნივთიერებების რიცხვი დიდია, მრავალფეროვანია მათი ბუნებაც. ამდენად, მათი კლასიფიკაცია შესაძლებელია სხვადასხვა ნიშნების მიხედვით, მაგრამ ქიმიკოს-ექსპერტისათვის მთავარია ნივთიერებების ჯგუფებად დაყოფა არა ზოგადად მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ან ნაერთთა ამა თუ იმ კლასისადმი მიკუთვნების მიხედვით, არამედ – სასამართლო-ქიმიური ანალიზის საწარმოებლად, ბიომასალიდან საძიებელი ნივთიერების იზოლირებისათვის გამოყენებული მეთოდის მიხედვით. ამ ნიშნით ტოქსიკური ნივთიერებების კლასიფიკაცია მეტნაკლებად პირობითია, მაგრამ ტოქსიკურ ნივთიერებათა კლასიფიკაცია უფრო მისაღები ფორმით დღემდე შემუშავებული არ არის.

ბიომასალიდან იზოლირების ხერხის მიხედვით შხამიან და მავნე ნივთიერებებს 6 ძირითად ჯგუფად ყოფენ.

პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ნივთიერებები, რომელთა იზოლირება ბიომასალიდან შესაძლებელია წყლის ორთქლით გამოხდის გზით. ამ ჯგუფში ერთიანდება ორგანული

ნივთიერებების საკმაოდ დიდი რაოდენობა. ესენია: სპირტები, ფენოლები, კრეზოლები, აცეტონი, ორგანულ ნივთიერებათა ქლორნაწარმები, რთული ეთერები, ალდეჰიდები და კეტონები, ნაჯერი კარბონმჟავები, არომატული ნახშირწყალბადები და აზონაერთები, გოგირდნახშირბადი, ტეტრაეთილტყვია. არაორგანული ნივთიერებებიდან პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება: ყვითელი ფოსფორი და მათი ნაწარმები, ციანწყალბადი და მისი მარილები.

მეორე ჯგუფში ერთიანდება ნივთიერებები, რომელთა იზოლირება წარმოებს შემჟავებული სპირტით ან შემჟავებული წყლით. ესენია: ორგანული მჟავები და მათი ნაწარმები, ლაქტონები, მრავალატომიანი ფენოლები, პოლინიტრონაერთები, ანილინის და პარაამინოფენოლის ნაერთები.

სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის თვალსაზრისით, „ლითონურ შხამებს“ მიეკუთვნება მანგანუმის, ბარიუმის, ბისმუტის, კადმიუმის, სპილენძის, ვერცხლისწყლის, ვერცხლის, ტყვიის, ქრომის, თუთიის, თალიუმის ნაერთები.

ჩამოთვლილი ქიმიური ელემენტების უმრავლესობა მიკროელემენტების სახით ორგანიზმის უჯრედების ბუნებრივი შემადგენელი კომპონენტებია; ისინი მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ადამიანთა და ცხოველთა ორგანიზმებში მიმდინარე ფუნქციურ პროცესებში. კობალტი შედის ვიტამინ B₁₂-ის შედგენილობაში. სპილენძი შედის ჰემოგლობინის სინთეზში მონაწილე ფერმენტის შედგენილობაში.

ორგანიზმის უჯრედების ბუნებრივი შემადგენელი კომპონენტებია აგრეთვე არაატოქსიკური ნაერთების მომცემი მსუბუქი ლითონები: კალიუმი, ნატრიუმი, მაგნიუმი, კალციუმი. ზოგიერთი ლითონის პროცენტული შემცველობა ორგანიზმის სხვადასხვა ნაწილებში მოცემულია 1-ლ ცხრილში.

მიკროელემენტების შემცველობა ორგანიზმის ზოგიერთ ნაწილში

მიკროელემენტი	მიკროელემენტის შემცველობა, მგ. %					
	ლეიქლი	თირკმელები	ელენთა	ფილტვები	გულმკერდის კუნთი	ჩონჩხის კუნთები
Cd	0.64- 6.68	1.32-8.48	—	—	—	—
Co	0.025	—	—	—	—	—
Mn	0.17-0.2	0.06	0.022-0.032	0.022	0.021-0.032	0.05
Cu	0.71	0.116-0.36	0.12-0.24	0.11	0.19	0.125
As	0.011	—	0.008	0.009	0.01	—
Hg	0.002	0.002	—	—	—	0.002
Pb	0.13	0.027	0.03	0.028	0.038	0.01
Ag	0.005	—	—	—	—	—
Cr	0.001- 0.03	1.027-0.028	0.0005-0.01	0.0007	0.01	0.0002
Zn	5.4-14.5	5.5	1.1	0.65	1.4	3-5.15
Sn	0.06	0.02	0.022	0.045	0.022	0.011
						—

ჭარბი რაოდენობით მათი მოხვედრა სისხლსა და უჯრედებში იწვევს ორგანიზმის მოწამელას.

მეოთხე ჯგუფს მიეკუთვნება ნივთიერებები, რომელთა იზოლირება წყლით წარმოებს, ესენია: მჟავები (გოგირდმჟავა, მარილმჟავა), ტუტეები (კალიუმის, ნატრიუმის, ამონიუმის ჰიდროქსიდები), მარილები (ნიტრატები, ნიტრიტები, ქლორიდები). ექსპერტული ანალიზი მეორე ჯგუფის ნივთიერებებზე იმ შემთხვევაში ტარდება, თუ წინასწარმა გამოკვლევამ დადებითი შედეგი მისცა ამ ჯგუფის რომელიმე ნივთიერების შემცველობაზე ან თუ საქმის მასალებში გამოთქმულია ეჭვი — მჟავათი, ტუტით ან რომელიმე მარილით მოწამვლის შესაძლებლობაზე.

გამოკვლევისათვის აიღება საჭმლის ნარჩენები, პირღებინების მასა, კუჭის შიგთავსი და სხვ. თუ მოწამვლის შემდეგ ადგილი ჰქონდა მჟავას ან ტუტის გარდაქმნას შესაბამის მარილად, ბიომასალის გამოკვლევა მათ აღმოჩენაზე არ წარმოებს, რადგან ზოგიერთი მათგანი ისედაცაა ცოცხალი ორგანიზმის (ადამიანის, ცხოველის) უჯრედებში.

მეხუთე ჯგუფში ერთიანდება ნივთიერებები, რომლებიც მოითხოვენ ბიომასალის იზოლირების განსაკუთრებულ მეთოდებს. ამასთან ერთი და იგივე ტოქსიკური ნივთიერების იზოლირებისათვის შესაძლებელია ერთმანეთისგან განსხვავებული ამა თუ იმ მეთოდის გამოყენება. ტეტრაეთილტყვიის და მისი დაშლის პროდუქტების იზოლირება შეიძლება წყლის ორთქლით გამოხდით (გადადენით) ან შემჟავებული სპირტით, ან ორგანული ნივთიერებების დაშლის გზით. მეხუთე ჯგუფში მეტწილად ერთიანდება სოფლის მეურნეობასა და ყოფაცხოვრებაში გამოყენებული შხამქიმიკატები.

ადამიანის და ცხოველის მოწამვლის მიზეზი შეიძლება გახდეს როგორც თვით შხამქიმიკატი, ისე შხამქიმიკატებით დამუშავებული ტერიტორიის მცენარეულობა, მათი ნაყოფი, ცხოველური საკვები და სხვ.

არის შხამქიმიკატების სახეობები, რომლებიც ხანგრძლივი დროით რჩებიან მცენარეებში, მათ ნაყოფებსა და ცხოველებში. ამდენად ადამიანის მოწამელის მიზეზი შეიძლება გახდეს არა მარტო უშუალო კონტაქტი შხამქიმიკატებთან, არამედ შხამქიმიკატით დამუშავებული მცენარე და მისი ნაყოფი, ცხოველის ხორცი და რძე, სასმელი წყალი და სხვ.

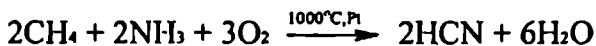
მეექვსე ჯგუფს მიეკუთვნება აირადი შხამიანი ნივთიერებები. CO), თავისუფალი ქლორი (Cl_2), გოგირდის დიოქსიდი (SO_2), გოგირდწყალბადი (H_2S). ზოგიერთის აღმოჩენა და ბიომასალაში მისი რაოდენობის განსაზღვრა არ მოითხოვს მისგან წინასწარ იზოლირებას (მაგალითად, CO).

1.6.1. ციანწყალბადმჟავა და მისი მარილები

უწყლო ციანწყალბადი უფერო, გამჭვირვალე, ძლიერ მოძრავი სითხეა. ძლიერი განზავებისას აქვს მწარე ნუშის სუნი. წყალს და სპირტს ნებისმიერი თანაფარდობით ერევა, დუღს $+25,6^\circ\text{C}$ -ზე, $13,3^\circ\text{C}$ -ზე იყინება ბოჭკოვანი კრისტალური მასის წარმოქმნით.

ციანწყალბადმჟავა წვადი და ფეთქებადი ნაერთია. ააღდება 18°C -ზე, თვითააღლებას განიცდის 538°C -ზე, ჰაერზე იწვის ნათელი, იისფერი ალით; ფეთქებადობის ზღვრებია 4,9% (ქვედა) და 39,7% (ზედა) HCN (მოც.), აალების ქვედა ტემპერატურული ზღვარია -31°C , ზედა $+3^\circ\text{C}$, ალის გავრცელების სიჩქარე ჰაერში 0,55მ/წმ; ჟანგბადში 5,4მ/წმ. ინიცირების შემთხვევაში ციანწყალბადი ნიტროგლიცერინის მსგავსად ფეთქდება.

ციანწყალბადმჟავას მიღების ხერხებიდან პრაქტიკაში უფრო მეტად გავრცელებულია მეთანის ჟანგვითი ამინოლიზი პლატინის კატალიზატორზე



ციანწყალბადმჟავა გამოიყენება მრავალი ორგანული ნაერთის მისაღებად (ნიტრიდული კაუჩუკი, სინთეზური ბოჭკო, ორგანული მინა), მღრღნელების წინააღმდეგ საბრძოლველად, ციანწყალბადმჟავას მარილების (NaCN , KCN , ...) მისაღებად და სხვ.

ციანწყალბადმჟავას მარილებიდან განსაკუთრებით დიდი გამოყენება აქვთ ნატრიუმის და კალიუმის ციანიდებს. NaCN და KCN გამოიყენება მადნებიდან ძვირფასი ლითონების – ვერცხლის და ოქროს ამოსაღებად, გალვანოპლასტიკური მოოქერისა და მოვერცხელისას, მოსპილენძებული ლითონების წრთობისას, პოლიმეტალური მადნების გამდიდრებისას.

ციანწყალბადმჟავა გვხვდება მხოლოდ მისი წარმოებულების სახით მცენარეებსა და მათ ნაყოფებში, კერძოდ, გლუკოზიდების სახით (ამიგდალინი, ღურნინი, პირუნაზინი). ამიგდალინს შეიცავს მწარე ნუშის თესლი, ატმის, ჭერმის, ქლიავის, ალუბლის კურკა, დაფნის ფოთოლი და სხვ.

ციანწყალბადმჟავა და მისი მარილების მტვერი ორგანიზმში ხვდება სასუნთქი გზების მეშვეობით, ნაწილობრივ კანითაც; HCN -ის წყალხსნარი და ციანიდები – საჭმლის მიმღები ორგანოების და კანის მეშვეობით. HCN და მისი მარილები ფილტვებიდან და კუჭნაწლავის ტრაქტიდან სისხლის მიერ შეიწოვება რამდენიმე წამში. კანიდან შეღწევა შედარებით ნელა ხდება.

ციანწყალბადმჟავა და მისი მარილები ძლიერ მომწამლავი ნივთიერებებია. ორგანიზმში მათი მოხვედრა იწვევს რკინის შემცველი უჯრედშორისი ფერმენტების შევიწროებას და ბლოკირებას, რის გამოც წყდება უჯრედების მიერ სისხლში არსებული ჟანგბადის ათვისება იმის მიუხედავად, არის თუ არა სისხლი გაჯერებული ჟანგბადით. ორგანიზმში ციანიდების მოხვედრა იწვევს აგრეთვე სისხლის ჰემოგლობინის

ბლოკირებას და მათი ფუნქციის მოშლას. მწვავე მოწამელისას ცნობიერების დაკარგვა მყისიერად ხდება, იწყება სუნთქვის და შემდეგ გულის დამბლა.

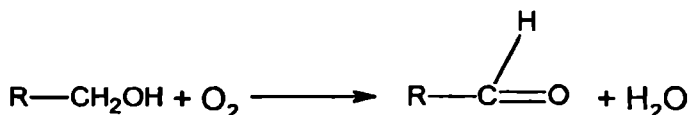
ორგანიზმში მცირე რაოდენობით მოხვედრისას მოწამელის პირველი სიმპტომებია: ყელის ფხაჭვნის შეგრძნება, მომწარო გემო პირში, სხეულის ნაწილების სიმძიმე, მეტყველების დარღვევა, წნევის შეგრძნება და მწვავე თავის ტკივილი, სუნთქვის აჩქარება, გულისრევა, გულისცემა. სუფთა ჰაერზე გაყვანისას ყველა ეს სიმპტომი გაივლის, წინააღმდეგ შემთხვევაში იწყება საერთო სისუსტის გაძლიერება, გულის არეში შეკუმშვის და ტკივილის შეგრძნება, ღრმა და გაიშვიათებული სუნთქვა, პულსის შენელება, ძლიერი სულშეხუთვა, თვალის გუგების გაფართოება და თვალების გადმოკარკელა, რასაც მოყვება ძლიერი სულშეხუთვა, კრუნჩხვები, რეფლექსის და გრძნობის სრული დაკარგვა, სუნთქვის გაიშვიათება და გულის შეჩერება. HCN-ის სასიკვდილო დოზის დადგენა ადამიანებისათვის ძნელია, რადგან მისი ტოქსიკურობის ხარისხი დამოკიდებულია ჰაერში მის კონცენტრაციაზე. ციანწყალბადის და მისი მარილების (HCN-ზე გადათვლით) ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში $3 \cdot 10^{-4}$ მგ/ლ-ს შეადგენს.

მოწამელის მიზეზი შეიძლება გახდეს მცენარეთა ნაყოფებში არსებული ციანწყალბადის ნაწარმები, კერძოდ, ამიგდალინი. თვით ამიგდალინი საწამლავი არ არის, მაგრამ ორგანიზმის ფერმენტების და მჟავების მოქმედებით იშლება გლუკოზად, ბენზალდეჰიდად და ციანწყალბადად, რის გამოც ცნობილია ნუშის თესლით მოწამელის შემთხვევები. ლიტერატურული წყაროებით ცნობილია, რომ 40 – 60 ცალი ნუშის თესლის შხამმა ზრდასრულ ადამიანში შეიძლება სიკვდილი გამოიწვიოს; მოზარდებში კი – 10 – 12 ცალის შეჭმამ. ციანიდიონის მეტაბოლიტია თიოციანიდი (როდანიდი), რომელიც ორგანიზმში წარმოიქმნება ციანიდების გოგირდთან კონიუგაციით (ფერმენტების დახმარებით).

ციანწყალბადის მაღალი ტოქსიკურობის გამო, მასთან მუშაობა დასაშვებია მხოლოდ კარგი ვენტილაციის მქონე გამწოვ კარადაში.

1.6.2. ალდეჰიდები

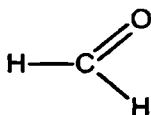
ალდეჰიდების ზოგადი ფორმულაა $R-\overset{\overset{H}{|}}{C}=O$. კარგად იხსნება წყალში. დაბალი რიგის ალდეჰიდები წყალს ერევა ნებისმიერი თანაფარდობით. ცხიმოვანი რიგის ალდეჰიდები წყალზე მსუბუქია და ხასიათდება აქროლადობის დიდი უნარით. არომატული რიგის ალდეჰიდები წყალზე მძიმე და ნაკლებ აქროლადი ნაერთებია, ადვილად განიცდის პოლიმერიზაციას ტრიმერების, ტეტრამერების და პოლიმერების წარმოქმნით, აქვს როგორც ალდეჰიდის, ისე დაჟანგვის უნარი, მიიღება შესაბამისი სპირტების ნაწილობრივი დაჟანგვით:



ალდეჰიდები ნარკოტიკულად მოქმედებს ორგანიზმზე, თუმცა წინა პლანზე წამოწეულია თვალის ლორწოვანი გარსისა და სასუნთქი გზების გაღიზიანება. მოლეკულაში ნახშირბადატომების გაზრდით ალდეჰიდების გამაღიზიანებელი უნარი მცირდება, ხოლო ნარკოტიკული – იზრდება. დაბალი რიგის ალდეჰიდები, რომლებიც უკეთესად იხსნებიან წყალში, მოქმედებს ზედა, ხოლო მაღალი რიგის ალდეჰიდები – ქვედა, სიღრმისეული სუნთქვის გზებზე. არომატული ალდეჰიდების გამაღიზიანებელი მოქმედება ცხიმოვანი რიგის ალდეჰიდებთან შედარებით დაბალია. თხევადი ალდეჰიდები კანზე მოხვედრისას

იწვევს კანის სუსტ წვას. კანიდან მოცილებისას წვა სწრაფად წყდება.

აღდექილებიდან ტოქსიკოლოგიურად ყველაზე მნიშვნელოვანი ნაერთია ფორმალდეჰიდი (ჭიანჭველის აღდექიდი).



იგი ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე წარმოადგენს აირს. აქვს მკვეთრი სუნი. 35–40%-იანი წყალხსნარი ცნობილია ფორმალინის სახელწოდებით. ტექნიკური ფორმალინი ყოველთვის შეიცავს მეთილის სპირტს (12–20%). ფორმალინიდან HCHO-ის გამოყოფა ხდება ჩვეულებრივ ტემპერატურაზეც, მაღალ ტემპერატურაზე – გაცილებით ინტენსიურად. კარგად პოლიმერიზდება. ხასიათდება კარგი წვის უნარით; ჰაერთან და ჟანგბადთან წარმოქმნის ფეთქებად ნარევს.

ფორმალდეჰიდს დიდი გამოყენება აქვს მრეწველობაში, კერძოდ, პლასტმასების და ფენოლფორმალდეჰიდური ფისების მიღებაში. ტყავის მოთრიმელისას, ანატომიური პრეპარატების კონსერვირებისას, სინთეზური კაუჩუკის წარმოებაში, მარცვლეულის შენობებში შესანახად გამოიყენება როგორც ანტისეპტიკი.

ფორმალდეჰიდის მცირე რაოდენობით ჩასუნთქვა იწვევს ზედა სასუნთქი გზების გაღიზიანებას. დიდი რაოდენობით ორთქლის ჩასუნთქვა იწვევს სასუნთქი გზების ძლიერ შეშუპებას და სპაზმებს, რაც შეიძლება უეცარი სიკვდილის მიზეზი გახდეს.

ორგანიზმში პირის ღრუთი მოხვედრის შემთხვევაში იწყება პირის ღრუს და საყლაპავი მილის დაზიანება, რასაც მოყვება ძლიერი ნერწყვდენა, გულისრევა, კუჭის აშლა.

ფორმალდეჰიდი მოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე

და მოწამელის ხარისხის მიხედვით გამოიხატება გრძნობის დაკარგვასა და კრუნჩხვებში.

ფორმალდეჰიდით მოწამელა იწვევს ღვიძლის, თირკმლების, გულის, თავის ტვინის დაზიანებებს. გავლენას ახდენს ზოგიერთ ფერმენტზე. სასიკვდილო დოზად ითვლება 60–90 მლ. ღვიძლში მოხვედრისას ფორმალდეჰიდი გარდაიქმნება ჭიანჭველმჟავად და მეთილის სპირტად, შემდეგი გარდაქმნით კი გადადის დაჟანგვის საბოლოო პროდუქტებში. ჭიანჭველმჟავას ნაწილი ორგანიზმიდან განიღვენება შარდის მეშვეობით.

ჰაერში ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია 0,001 მგ/ლ შეადგენს.

1.6.3. სპირტები

დაბალი ერთატომიანი სპირტები ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ადვილადაქროლადი სითხეებია. C_{16} -დან დაწყებული – მყარი ნივთიერებები. მოლეკულაში ნახშირბადის ატომების რიცხვის გაზრდით იზრდება მათი ღუღილის ტემპერატურა და მცირდება წყალში ხსნადობა. ორატომიანი სპირტები ბლანტი სითხეებია და თითქმის არ ხასიათდება აქროლადობით.

დაბალი რიგის ერთატომიანი სპირტები მკვეთრი ალკოჰოლური სუნის მქონე სითხეებია. მაღალი რიგის ერთატომიან ნაჯერ სპირტებს პრაქტიკულად სუნი არ აქვს. დაბალი რიგის უჯერი სპირტები მძაფრი სუნის მქონეა. მაღალი რიგისა – სასიამოვნო, სურნელოვანი. ერთატომიანი სპირტები ხასიათდება ორგანიზმზე ნარკოტიკული ზემოქმედებით.

ჩასუნთქვისას სპირტის ორთქლით ორგანიზმის გაჯერება, წყალსა და სისხლში კარგი ხსნადობის გამო, შეიძლება დიდხანს გაგრძელდეს. ორგანიზმში სწრაფ დაჟანგვას განიცდის

ეთილის და იზოპროპილის სპირტი. ყველაზე ნელ დაჟანგვას განიცდის მეთილის სპირტი.

ნაჯერი ერთატომიანი სპირტების ორთქლი იწვევს ლორწოვანი გარსის გაღიზიანებას. უჯერ ერთატომიან სპირტებში ნარკოტიკულ ზემოქმედებას ჭარბობს ლორწოვანი გარსის გაღიზიანება. ორ- და სამატომიანი სპირტების ტოქსიკურობა ძალიან დაბალია.

მეთილის სპირტი

ტოქსიკურობის თვალსაზრისით, სპირტებიდან ყველაზე საშიშია მეთილის სპირტი CH_3OH . უფერო სითხეა, დუღს $64,5^\circ\text{C}$ -ზე, წყალს და ორგანულ გამხსნელებს ერევა ნებისმიერი თანაფარდობით. წყალზე მსუბუქია ($\rho=0,79$). იწვის ღია ცისფერი ალით. სუნიტ და გემოთი ეთილის სპირტისგან არ განსხვავდება, რის გამოც ხშირად გამხდარა შემთხვევითი მოწამელის მიზეზი. ბუნებრივ პირობებში თავისუფალი სახით თითქმის არ გვხვდება, გავრცელებულია მხოლოდ მისი წარმოებულები ეთერების სახით. მეთილის სპირტს სინთეზის გზით იღებენ.

მეთილის სპირტი ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში, როგორც ლაქსაღებავების გამხსნელი, ასევე ქლორიანი მეთილის, დიმეთილსულფატის, ფორმალდეჰიდის და სხვა ქიმიური ნერთების წარმოების ნედლეული. მეთილის სპირტი შედის ანტიფრიზის შედგენილობაში.

მეთილის სპირტი განიხილება, როგორც ძლიერი შხამი. აზიანებს გულსისხლძარღვთა და ნერვულ სისტემას. ერთი და იგივე ულუფით მეთილის სპირტის მიღებისას მოწამელის ზარისხი ინდივიდუალურია. მეთილის სპირტი იწვევს თვალის ბადურასა და მხედველობის ნერვის დაზიანებას, რაც ორივე შემთხვევაში სიბრმავეთ მთავრდება. აღსანიშნავია, რომ სიბრმავეს იწვევს არა უშუალოდ სპირტი, არამედ მისი

ნაწილობრივი დაჟანგვის პროდუქტები: ფორმალდეჰიდი და ჭიანჭველმჟავა. მეთილის სპირტი ორგანიზმში იწვევს ჟანგვითი პროცესის მოშლას, რითაც ირღევეა მჟავებისა და ტუტეების თანაფარდობა ქსოვილებსა და უჯრედებში.

მეთილის სპირტით მოწამელა ზოგჯერ სიკვდილით მთავრდება. სიკვდილი დგება გულის გაჩერებით, ტვინსა და ფილტვებში სისხლის გაჟონვით. უმეტეს შემთხვევაში სიკვდილი დგება მოწამელიდან 3–4 დღის შემდეგ. თუმცა არის მოწამელის სწრაფი განვითარების შემთხვევებიც. ამ დროს მოწამლული სწრაფად კარგავს ცნობიერებას და ეცემა. ასეთ შემთხვევაში სიკვდილი მოსალოდნელია სპირტის მიღებიდან 30–40 წთ-ში. ეთილის სპირტისგან განსხვავებით მეთილის სპირტმა შეიძლება სიმთვრალე არ გამოიწვიოს.

ორგანიზმიდან მეთილის სპირტი გამოდის შარდთან და ამოსუნთქულ ჰაერთან ერთად.

ქიმიკოს-ექსპერტმა უნდა იცოდეს, რომ ორგანიზმი გარედან მიღების გარეშეც შეიძლება შეიცავდეს მეთილის სპირტს 0,01–0,3 მგ %-ის რაოდენობით.

ეთილის სპირტი

ეთილის სპირტი C_2H_5OH (ეთანოლი, ღვინის სპირტი) უფერო, დამახასიათებელი სუნის მქონე, აქროლადი სითხეა. აქვს დამახასიათებელი გემო, დუღს $77-77,5^{\circ}C$ -ზე. წყალზე მსუბუქია ($d=0.815$). იწვის მოლურჯო ალით; წყალს, ეთერებს და ორგანულ გამხსნელებს ერევა ნებისმიერი თანაფარდობით. მიიღება შაქრების და სახამებლის შემცველი მცენარეული მასალებიდან დადუღების გზით.

ეთილის სპირტი ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში, როგორც გამხსნელი და მრავალი ქიმიური ნაერთის წარმოების ნედლეული. ქიმიურ ლაბორატორიებშიც იხმარება როგორც

გამხსნელი. შედის სპირტხსნარების შედგენილობაში. ფართოდ გამოიყენება კეების მრეწველობასა და ყოფაცხოვრებაში. ხელმისაწვდომია და მცირე ულუფებით მიღებისას, არ ახდენს მავნე ზემოქმედებას. მისი ნარკოტიკული ზემოქმედება ორგანიზმზე იმის შედეგია, რომ ეთილის სპირტი მიეკუთვნება მეტად მნიშვნელოვან ტოქსიკურ ნივთიერებებს.

ეთილის სპირტის მიღება იწვევს ალგზნებას, შემდეგ დასუსტებას. ორგანიზმზე ხანგრძლივმა მოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს ნერვული სისტემის, საჭმლის მომნელებელი ორგანოების, გულსისხლძარღვთა სისტემის, ღვიძლის და ორგანიზმის სხვა ნაწილების მძიმე ფუნქციური მოშლა.

საყოველთაოდაა ცნობილი ეთილის სპირტით მწვავე მოწამვლის შედეგები. არის პათოლოგიური სიმთვრალის შემთხვევები, როდესაც მცირე ულუფით მიღებისას ადამიანი თვრება, კარგავს გარემომცველ სამყაროზე სწორი ორიენტირებისა და საკუთარი თავის კონტროლს.

ეთილის სპირტით მოწამვლილი ადამიანის გვამის გაკვეთის შემთხვევაში არ შეინიშნება ამა თუ იმ შხამისათვის დამახასიათებელი ნიშნები.

ეთილის სპირტით მოწამვლის ერთადერთი დიაგნოსტიკური ნიშანია სხეულის ყველა ორგანოდან და უჯრედიდან ეთილის სპირტისათვის დამახასიათებელი სუნი.

ორგანიზმში მოხვედრილი ეთილის სპირტი სწრაფად იჟანგება შემდეგი თანამიმდებრობით: ეთილის სპირტი, აცეტალდეჰიდი, ძმარმჟავა, ნახშირბადის დიოქსიდი და წყალი. უცვლელი სახით ორგანიზმიდან გამოიდევნება მიღებული ეთილის სპირტის საერთო რაოდენობის 2–10% შარდით, განავლით და ფილტვებიდან ამოსუნთქულ ჰაერთან ერთად.

ამდენად სასამართლო ქიმიური გამოკვლევით შესაძლებელი ხდება ეთილის სპირტის მხოლოდ უმნიშვნელო რაოდენობის განსაზღვრა, რაც აუცილებლად მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული.

იზოამილის სპირტი

იზოამილის სპირტი არის რაზის ზეთების ძირითადი შემადგენელი კომპონენტი. არსებობს ორი იზომერის სახით (2-მეთილბუტანოლ-4 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ და 2-მეთილბუტანოლ-1 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$). დუღს $132,1^\circ\text{C}$ -ზე; იყინება $117,2^\circ\text{C}$ -ზე; წყალზე მსუბუქია ($\rho=0,814$); წყალში ცუდად იხსნება (2,67გ იხსნება 100გ წყალში); უსასრულოდ იხსნება ეთილის სპირტსა და ეთერებში. აქვს არასასიამოვნო სუნი. გარდა იზოამილის სპირტისა, რაზის ზეთები შეიცავს აგრეთვე იზობუტილის და პროპილის სპირტებს, უმნიშვნელო რაოდენობით – ცხიმოვან მჟავებს და მათ ეთერებს.

იზოამილის სპირტი სპირტული დუღილის გვერდითი პროდუქტია, მიიღება ჭარხლის, კარტოფილის, ხილის, მარცვლეულის და სხვა მცენარეული ნაყოფის სპირტული დუღილისას არა ნახშირწყალბადების, არამედ ცილების დაშლის ხარჯზე. რაზის ზეთისგან სპირტის გათავისუფლების მიზნით საჭიროა მიღებული სპირტის გამოხდა რექტიფიკაციით.

იზოამილის სპირტი გამოიყენება მრეწველობაში, როგორც გამხსნელი, ასევე ხილის ესენციების დასამზადებლად, მედიცინაში, ლაქსაღებავების წარმოებაში და სხვ.

იზოამილის სპირტი 10–12-ჯერ უფრო ტოქსიკურია ეთილის სპირტთან შედარებით. მოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. მისი მიღებისას იწყება თავის ტკივილი, გულისრევა და თავბრუსხვევა. სიმპტომები აღინიშნება უკვე 0,5გ-ის მიღებისას. 10–15 გ-ის მიღებამ შეიძლება გამოიწვიოს ლეტალური შედეგი. არის თვითნახადი არყით სასიკვდილო მოწამვლის შემთხვევები.

1.64. ორგანული მჟავები

ორგანული მჟავებიდან სასამართლო ქიმიური ექსპერტიზის თვალსაზრისით ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ძმარმჟავას, რაც დაკავშირებულია ძმრისა და ძმარმჟავას ესენციის სახით ყოფა-ცხოვრებაში ფართო გამოყენებასთან. ძმარმჟავას სხვადასხვა პრეპარატები (კონცენტრირებული, განზავებული, ყინულოვანი) გამოყენებულია მედიცინაში, ფარმაციაში, კვების მრეწველობაში.

ყინულძმარმჟავას კანზე მოხვედრა იწვევს დამწვრობას და მის ადგილზე წყლულის წარმოქმნას. 10–20გ ძმრის ესენციის ან 200–300გ ძმრის მიღება შეიძლება სიკვდილით დამთავრდეს. ძმარმჟავა მოქმედებს სისხლსა და თირკმლებზე. ძმარმჟავას ან ძმრის ესენციის დალევისას პირველ რიგში ზიანდება საყლაპავი მილის ზედა ნაწილი, იწყება სისხლღებინება, კუჭის აშლა, ანემია და ურემია. ძმარმჟავას ორთქლის ჩასუნთქვა იწვევს სასუნთქი გზების ლორწოვანი გარსის გაღიზიანებას, ბრონქოპნევმონიას, კატარულ ბრონქიტს, საყლაპავი მილის ანთებას და სხვა.

ძმარმჟავა ორგანიზმში განიცდის მეტაბოლიზმს, რის შედეგადაც მიიღება ჯერ აცეტალდეჰიდი, შემდეგ ეთილის სპირტი და CO_2 .

1.6.5. ფენოლები და კრეზოლები

ფენოლები მიეკუთვნება თხევად, ძნელად აქროლად სითხეებს ან კრისტალურ ნივთიერებებს. ფენოლების უმარტივესი წარმომადგენელია ერთატომიანი ფენოლი $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$. მას სხვანაირად კარბოლის მჟავას უწოდებენ. ერთატომიანი ფენოლის მეთილნაწარმებს კრეზოლები ეწოდება ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$). დაბალი რიგის ფენოლები კარგად იხსნება

წყალში, სპირტში, ეთერებში, ბენზოლში.

ძლიერი მომწამვლელი თვისებებით გამოირჩევა დაბალი ერთატომიანი ფენოლები. ამიტომ განვიხილავთ მის უმარტივეს წარმომადგენელს — ერთატომიან ფენოლს.

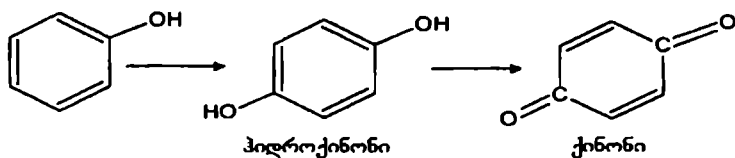
სუფთა ერთატომიანი ფენოლი C_6H_5OH წარმოადგენს უფერო, მყარ, კრისტალურ ნივთიერებას. ცუდად იხსნება წყალში, გადადის ჯერ ვარდისფერში, შემდეგ კი — წითელში, რაც განპირობებულია ჰაერის ჟანგბადით მისი დაჟანგვით, კარგად იხსნება ქლოროფორმში, ზეთებსა და ეთილეთერებში, იხსნება მწვავე ტუტეებში.

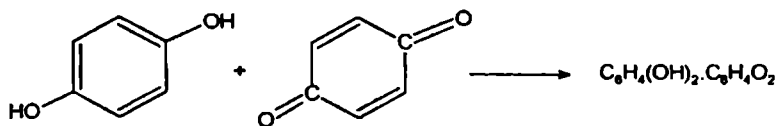
ფენოლი გამოიყენება მედიცინაში, საღებავების, პლასტიკური მასების, ფარმაცევტული პრეპარატების, მცენარეთა დაცვის საშუალებების წარმოებაში.

ფენოლი სწრაფად შეიწოვება სისხლის მიერ კანის და ლორწოვანი გარსის მეშვეობით, რომელიც შემდეგ თანაბრად ნაწილდება ქსოვილებსა და სხეულის სხვადასხვა ორგანოებში. საყლაპავი მილის მეშვეობით ორგანიზმში მოხვედრილი ფენოლი იწვევს კუჭის ტკივილს, პირღებინებას, კუჭის აშლილობას ზოგჯერ სისხლის გაყოლებით.

ფენოლით მოწამლულის შარდი მუქი მოშავო ფერისაა, სასიკვდილო დოზად ითვლება 10გ, ჰაერში ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია 0.005 მგ/ლ.

ორგანიზმში ფენოლი გარდაიქმნება რთულ ეთერად — $C_6H_5SO_4K$, რომელიც გამოიდევნება შარდით, ამის გამო, შარდში SO_4^{2-} იონების რაოდენობა მკვეთრად მატულობს. ორგანიზმში ადგილი აქვს აგრეთვე ერთატომიანი ფენოლის ორატომიანად გარდაქმნას. გარდაქმნის საბოლოო პროდუქტია ქინგიდრონი, რომელიც შარდს მუქ შეფერილობას ანიჭებს.





კრეზოლები ფენოლების მეთილნაწარმებია ($\text{CH}_3\text{-C}_6\text{H}_4\text{-OH}$). ორგანიზმზე ფენოლის მსგავსად მოქმედებს.

ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ო-კრეზოლი წარმოადგენს უფრო ნივთიერებას, ღლვება $+30,9^\circ\text{C}$ -ზე. ძნელად იხსნება ეთილის სპირტში, აცეტონში, ბენზოლში, ბენზინში, ქლოროფორმში, მწვავე ტუტეების წყალხსნარებში.

მ-კრეზოლი ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე სითხეა. იყინება (კრისტალდება) $+10,9^\circ\text{C}$ -ზე; მისი ხსნადობა ო-კრეზოლის ანალოგიურია. პ-კრეზოლი ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე წარმოადგენს კრისტალურ ნივთიერებას (ღლ. ტემპერატურა $+34^\circ\text{C}$); ხსნადობა თითქმის ისეთივეა, როგორიც ო-კრეზოლის.

კრეზოლები გამოიყენება ფისების, საღებავების, მადეზინფიცირებელი საშუალებების საწარმოებლად და სხვ.

ფილტვებში მოხვედრილი კრეზოლების ორთქლი ადვილად შეიწოვება სისხლის მიერ. თხევადი კრეზოლები შეიძლება ორგანიზმში მოხვდნენ საყლაპავი მილის ლორწოვანი გარსისა და კანის მეშვეობით. ორგანიზმში მოხვედრილი კრეზოლები ნაწილდება სხეულის სხვადასხვა ნაწილებში, რომელთა აღმოჩენა შესაძლებელია მიღებიდან 12–14 საათის შემდეგაც. კრეზოლების ორგანიზმზე გამაღიზიანებელი მოქმედება, ფენოლებთან შედარებით უფრო ძლიერია.

ორგანიზმიდან კრეზოლების გამოდევნა ხდება სულფატური კონიუგატებისა და გლუკონმჟავას სახით თირკმლების მეშვეობით.

1.6.6. ორგანული ჰალოგენაწარმები

ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობის მქონე ჰალოგენორგანული ნაწარმების ჯგუფში შემაჯავლი ნივთიერებების რიცხვი ძალიან დიდია. მათ მიეკუთვნება როგორც ცხიმოვანი, ისე არომატული რიგის წარმომადგენლები: ქლოროფორმი, ოთხქლორიანი ნახშირბადი, დიქლორეთანი, ჰექსაქლორციკლოჰექსანი, დიქლორდიფენილტრიქლორმეთილმეთანი და სხვ. თითოეული ხასიათდება რეაქციის დიდი უნარით. ფიზიოლოგიური მოქმედების თვალსაზრისით, უმეტესი ნაწილი მიეკუთვნება ნარკოტიკულ ნივთიერებებს. ორგანიზმიდან განიღვენება ძირითადად ფილტვების და თირკმლების მეშვეობით (შარდით). ამ თავში განვიხილავთ ზოგიერთ მათგანს.

ქლოროფორმი

ქლოროფორმი CHCl_3 (ტრიქლორმეთანი) წარმოადგენს გამჭვირვალე, მოძრავ და ადვილად აქროლად სითხეს, აქვს დამახასიათებელი სუნი მოტკბო მშუშხავი გემოთი, დუღს $+62^\circ\text{C}$ -ზე, იყინება $-63,5^\circ\text{C}$ -ზე. წყალზე მძიმეა ($\rho=1,498$), წყალში ცუდად იხსნება (1 200), სპირტებს, ეთერებს და ბენზოლს ერევა ნებისმიერი თანაფარდობით, სინათლის სხივების, ჰაერის და ტენის მოქმედებით ქლოროფორმი თანდათანობით იშლება ფოსგენის, ჭიანჭველმჟავას და მარილმჟავას წარმოქმნით.

ქლოროფორმი ფართოდ გამოიყენება ქიმიურ მრეწველობასა და ქიმიურ ლაბორატორიებში. მისი დახმარებით იღებენ ზოგიერთ ალკალოიდებს, ზოგიერთ ხელოვნურ აბრეშუმს, გამოიყენება როგორც ცხიმების და ლაქების გამხსნელი. ორგანიზმზე ნარკოტიკულად მოქმედებს. მისი ამ თვისების გამო ადრე გამოიყენებოდა, როგორც ნარკოტიკი. ამჟამად

ქლოროფორმი სხვა პრეპარატებთან ნარევის სახით მედიცინაში გამოიყენება, როგორც დასაზღელი საშუალება.

ზოგჯერ მოწამელის მიზეზი ხდება ქლოროფორმის დაშლის პროდუქტები: ფოსგენი და ქლორწყალბადი.

ქლოროფორმის ორთქლი ჰაერიდან ორგანიზმში სუნთქვის გზით აღწევს. ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე ჯერ მოქმედებს გამაღიზიანებლად, შემდეგ, როგორც ნარკოტიკი, გროვდება ცხიმებით მდიდარ უჯრედებში. ორგანიზმში დიდი რაოდენობით მოხვედრისას შეიძლება გამოიწვიოს შიგა ორგანოების დისტროფია, განსაკუთრებით ღვიძლის. ქლოროფორმით მწვავე მოწამელა იწვევს სიკვდილს.

ქლოროფორმით სიკვდილი აიხსნება მთელი რიგი მიზეზით. ტიპური ინტოქსიკაციის დროს სიკვდილი სუნთქვის შეჩერების შედეგად დგება. კიდევ უფრო ტოქსიკურად მოქმედებს კუჭ-ნაწლავში მოხვედრილი ქლოროფორმი. უკვე 5-10 გ ქლოროფორმი იძლევა მძიმე მოწამელის ნიშნებს: ტივილს, პირღებინებას და საერთო მოწამელის ნიშნებს. განსაკუთრებით მკვეთრად ვლინდება გულისსახლძარღვთა სისტემაზე მოქმედებით. არცთუ იშვიათად სიკვდილი დგება გულის გაჩერებით. სასიკვდილო დოზა დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე, მათ შორის, ორგანიზმის მდგომარეობაზე. ჯანმრთელმა ორგანიზმმა შეიძლება გაუძლოს ათეულობით გრამი ქლოროფორმის მიღებას, მაშინ, როცა გულით ავადმყოფთათვის შეიძლება 10 გ-ზე ნაკლები დოზით მიღება სასიკვდილო აღმოჩნდეს.

ორგანიზმში შესული ქლოროფორმი ადვილად გადადის სისხლიდან ფილტვებში და შემდეგ ამონასუნთქ ჰაერში. ქლოროფორმის მიღებიდან 15-20 წთ-ის შემდეგ ამონასუნთქი ჰაერით უცვლელად გამოიყოფა ქლოროფორმის 30-50%, ერთი საათის განმავლობაში — 90%. გაცილებით ძნელად მიმდინარეობს მცირე რაოდენობით ორგანიზმში დოზირებული ქლოროფორმის გამოდევნა. 8 საათის შემდეგ შესაძლებელია უმნიშვნელო რაოდენობით ქლოროფორმის აღმოჩენა სისხლში.

ქლოროფორმის ნაწილი ორგანიზმში განიცდის ბიოტრანსფორმაციას. მეტაბოლიზმის სახით მიიღება CO_2 და HCl . სასამართლო-საანალიზო ობიექტებია: ამონასუნთქი ჰაერი, გვამის ღვიძლი და ცხიმებით მდიდარი ქსოვილები.

ქლოროფორმის სუნი შესამჩნევია ჰაერში უკვე 0,0003 მგ/ლ კონცენტრაციისას. საგრძნობი მოტკბო სუნი კი 0,02 მგ/ლ კონცენტრაციისას. ნარკოტიკული ზემოქმედება – 70–80 მგ/ლ კონცენტრაციისას.

ოთხქლორიანი ნახშირბადი CCl_4

ოთხქლორიანი ნახშირბადი CCl_4 თავისებური სუნის მქონე გამჭვირვალე სითხეა. ღუღს $75-77^\circ\text{C}$ -ზე. წყალზე მძიმეა ($\rho=1,59$). წყალში ცუდად იხსნება (1:10000). აცეტონს, ბენზოლს, გოგირდნახშირბადს, უწყლო სპირტს, ეთერს ერევა ნებისმიერი თანაფარდობით. მისი ორთქლი რამდენჯერმე მძიმეა ჰაერზე.

CCl_4 გამოიყენება მრეწველობაში, როგორც კაუჩუკის და ცხიმების გამხსნელი, როგორც ბეწვის კონსერვანტი. შედის ცეცხლსაქრობი სითხეების შედგენილობაში; თუმცა მაღალ ტემპერატურაზე შესაძლებელია მისი დაშლა ფოსგენის და სხვა მომწამლეული ნივთიერებების გამოყოფით, რაც ზღუდავს სახანძრო საქმეში მის გამოყენებას. CCl_4 გამოიყენება აგრეთვე ფრეონის მისაღებად.

ოთხქლორიანი ნახშირბადი ორგანიზმში შეიძლება მოხვდეს მისი ორთქლის ჩასუნთქვით ჰაერიდან; ორგანიზმში შეღწევა შეუძლია აგრეთვე დაზიანებული კანით. CCl_4 არათანაბრად ნაწილდება სხეულის სხვადასხვა ორგანოებში. ცხიმებით მდიდარ უჯრედებში რამდენჯერმე მეტია სისხლთან შედარებით, ღვიძლსა და ძვლის ტვინში კი მნიშვნელოვნად მეტია ფილტვებთან შედარებით, სისხლის ერითროციტებში 2,5-ჯერ მეტია სისხლის პლაზმასთან შედარებით. ოთხქლორიან

ნახშირბადს აქვს ორგანიზმზე ნარკოტიკული ზემოქმედების უნარი. ჩასუნთქვისას მისი ნარკოტიკული მოქმედება სუსტია ქლოროფორმთან შედარებით. საერთო მოქმედება ორგანიზმზე ქლოროფორმის ანალოგიურია, მაგრამ იწვევს სხეულის შიგა ორგანოების (ღვიძლი, თირკმლები, გული) უფრო ძლიერ დაზიანებას. სასიკვდილო დოზად 30-60 მლ ითვლება.

ოთხქლორიანი ნახშირბადი ორგანიზმიდან სწრაფად გამოდის. უკვე 48 სთ-ის შემდეგ ორგანიზმში შესული ოთხქლორიანი ნახშირბადის აღმოჩენა ამონასუნთქ ჰაერში შეუძლებელია. ოთხქლორიანი ნახშირბადის მეტაბოლიტებია ქლოროფორმი და CO_2 .

დიქლორეთანი $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$

დიქლორეთანი ორი იზომერის სახითაა ცნობილი: 1.1-დიქლორეთანი და 1.2-დიქლორეთანი. იგი უფერო, მოძრავი, მძიმე ($\rho=1,25$) სითხეა, წყალში ცუდად იხსნება (0,922გ 100გ წყალში), სპირტში და ორგანულ გამხსნელებში კარგად იხსნება, მჟავებისა და ტუტეების მიმართ მდგრადია, ძნელად აალებება. 1.1-დიქლორეთანის და 1.2-დიქლორეთანის დუდილის ტემპერატურები და სიმკვრივეები მკვეთრად განსხვავდება $\text{er-Tmanel isgan. kerZod, pirvel i duRs } 58^\circ\text{C-ზე}$ და სიმკვრივე 1,189-ს შეადგენს (10°C-ზე). მეორე დუღს $83,7^\circ\text{C-ზე}$ და მისი სიმკვრივე $\rho=1,252$. ტექნიკური დიქლორეთანი მინარევის სახით ყოველთვის შეიცავს ტრიქლორეთანს.

1.2-დიქლორეთანი გამოიყენება, როგორც გამხსნელი პარაფინის, ფისების, ცხიმების, ცვილების ექსტრაქციისას, ჯიშვინდაში და ტყავის დამუშავებისას, მადნებიდან გოგირდის ექსტრაქციისას, ანტიბიოტიკების წარმოებაში. აგრეთვე, როგორც ანთისეპტიკი და ინსექტოფუნგიციდი არის საწყისი

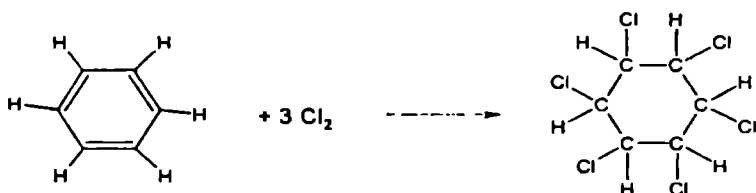
ნედლეული მრავალი ორგანული ნივთიერების მისაღებად. 1.2-დიქლორეთანი მიიღება ქლორის ეთილენთან შეერთების რეაქციით.

დიქლორეთანის ორთქლი კარგად ადსორბირდება შენობის კედლებით. სორბცია განსაკუთრებით კარგად მიმდინარეობს თუ კედლები შეღებილია ნატურალურ ოლიფაზე დამზადებული ზეთოვანი საღებავებით. სორბციის უნარი აქვს აგრეთვე ტანსაცმელს, განსაკუთრებით შალის ტანსაცმელს. 1.2 დიქლორეთანი ორგანიზმზე ნარკოტიკულად მოქმედებს. იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის, ღვიძლის, თირკმლების, გულის კუნთების დაზიანებას. გამოყენების სფეროს მრავალფეროვნების გამო, არც თუ იშვიათია დიქლორეთანით მოწამელის შემთხვევები. მრავალფეროვანია მოწამელის გამომწვევი მიზეზები. არაერთხელ ჰქონია სასიკვდილო შემთხვევას ადგილი ცუდი ვენტილაციის შენობაში ტანსაცმლის დიქლორეთანით წმენდისას, დიქლორეთანის შემცველი ლაქების გამოყენებისას და სხვ.

დიქლორეთანით მოწამელის სურათი ოთხქლორიანი ნახშირბადით მოწამელის ანალოგიურია. მოწამელა იწვევს კუჭის აშლილობას, მუცლის ბერვას, ღვიძლის გაზრდას. არის მონაცემები იმის შესახებ, რომ დიქლორეთანი ორგანიზმზე ახდენს კანცეროგენულ და მუტაგენურ ზემოქმედებას. სასიკვდილო დოზად (სითხის სახით მიღებისას) ითვლება 15–20 მლ. დიქლორეთანის ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში 0,025 მგ/ლ შეადგენს.

ჰექსაქლორანი (ჰექსაქლორციკლოჰექსანი) $C_6H_6Cl_6$

ჰექსაქლორანი ბენზოლის მოლეკულის მიერ სამი მოლეკულა ქლორის მიერთების პროდუქტია



ჰექსაქლორანი, როგორც პროდუქტი რამდენიმე სტერეოიზომერის ნარევი, რომელთაგან მკვეთრად გამოხატული ინსექტიციდური თვისებებით ხასიათდება γ -იზომერი. δ -ჰექსაქლორციკლოჰექსანი ხასიათდება ფუნგიციდური ზემოქმედებით. ტექნიკური პროდუქტი მინარევის სახით შეიცავს ჰეპტა და ოქტაქლორციკლოჰექსანებს. ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ჰექსაქლორანი წარმოადგენს ობის სუნის მქონე თეთრ-მოყვითალო ან თეთრ-მონაცრისფრო კრისტალურ ნივთიერებას. სუფთა $C_6H_6Cl_6$ -ს სუნი არა აქვს. მდგრადია დამჟანგელების და არაორგანული მჟავების მიმართ, წყალში მცირედ იხსნება, კარგად იხსნება სპირტებში, კეტონებსა და ეთერებში. იმის და მიხედვით თუ როგორია პროდუქტში იზომერების თანაფარდობა, ჰექსაქლორანის ლღობის ტემპერატურა $90-309^{\circ}C$ -ის ფარგლებში მერყეობს. გაცხელებისას ნაწილობრივ იშლება.

ჰექსაქლორანი გამოიყენება, როგორც ინსექტიციდი მარცვლეული კულტურების, ტყისა და ბაღის მცენარეულობის შესაწამლად, მავნებლების, ცხოველთა პარაზიტების წინააღმდეგ საბრძოლველად. ჰექსაქლორანი მზადდება დუსტის, დასველებადი ფხვნილის, ემულსიის, საკვამლე კოჭის სახით.

ჰექსაქლორანით მოწამვლის სიმპტომებია თავის ტკივილი,

თაბერუსხვევა, შეხუთვის შეგრძნება, საერთო სისუსტე, გულის რევა. მოწამელის ხარისხის მიხედვით შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს კუჭის, ნაღველის, ლორწოვანი გარსის შეშუპებას, სისხლის სიჭარბეს თირკმელში, ღვიძლში, გულსა და სხვა ორგანოებში. ძლიერი მოწამელის შემთხვევაში მოსალოდნელია ცენტრალური ნერვული სისტემის შეგრძნების უნარის დაკარგვა. არის როგორც საყოფაცხოვრებო, ისე საწარმოო პირობებში სიკვდილის შემთხვევები. სავარაუდოა, რომ სიკვდილს იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის და გულსისხლძარღვთა დაზიანება.

ჰექსაქლორანი დიდხანს რჩება ორგანიზმის სხვადასხვა ორგანოებსა და ცხიმებით მდიდარ უჯრედებში, ორგანიზმიდან განიდევენება თირკმლების და კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მეშვეობით, გადადის მეტუბური დედის რძეში.

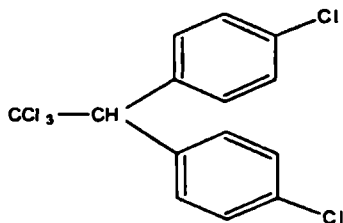
პრეპარატის მიმართ მგრძნობელობა სხვადასხვა ადამიანში სხვადასხვაა.

ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) ჰაერში 0.1მგ/მ³-ს შეადგენს.

4.4-დიქლორდიფენილტრიქლორმეთილმეთანი (დდტ) $(C_6H_4Cl)_2CHCCl_3$

დდტ-ს სხვა სახელწოდებებია: ნეოციდი, დუპლექსანი, პენტანლორანი, პენტაციდი და სხვ.

მოლეკულური ფორმულა $C_{14}H_9Cl_5$, გრაფიკული გამოსახვა



დღტ თეთრი ფერის კრისტალური ნივთიერებაა; მცირედ იხსნება წყალში; კარგად – აცეტონში, ბენზოლში, ეთილის სპირტსა და სხვა გამხსნელებში, ასევე ზეთებში, ცხიმებში, ნავთში. გარემო ფაქტორების მიმართ მდგრადია. შეიძლება დაიშალოს რკინის და ალუმინის ნაერთების თანაობისას. ღლვება $108,5-109^{\circ}\text{C}$ -ზე. პრეპარატი გამოიყენება, როგორც ინსექტიციდი (ამჟამად ხმარებიდან ამოღებულია). ტექნიკური პრეპარატი შეიცავს $75-76\%$ 4.4-იზომერს.

პრეპარატით მოწამვლისას იგრძნობა საერთო სისუსტე, თავის ტკივილი, თავბრუსხვევა, გულისცემის აჩქარება, გულის რევა და სხვ. მწვავე მოწამვლისას მკვეთრად მცირდება ერითროციტების შემცველობა სისხლში, ლეიკოციტების რიცხვი კი – იზრდება. თვალში მოხვედრისას იწყება თვალის ტკივილი, ვითარდება კონიუქტივითი. კანზე მოქმედებს გამაღიზიანებლად.

ორგანიზმში შეყვანილი პრეპარატი სწრაფად შეიწოვება და აბსორბირდება სხვადასხვა ორგანოების მიერ. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გროვდება ძვლის ტვინში, თირკმლებში, ენის კუნთებში, სწორნაწლავში.

პრეპარატი ორგანიზმიდან განიღვენება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის, კანის და თირკმლების (მცირე რაოდენობით) მეშვეობით.

დღტ-ს ზღვრული დასაშვები ნორმა ჰაერში $0,1\text{მგ/მ}^3$ -ია.

1.6.7. ტეტრაეთილტყვია $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Pb}$

ტეტრაეთილტყვია უფერო, გამჭვირვალე სითხეა: აქვს არასასიამოვნო, გამაღიზიანებელი სუნი. ძლიერ დაბალი კონცენტრაციისას სასიამოვნო ხილის სუნი. ტეტრაეთილტყვია წყალში თითქმის არ იხსნება. ადვილად იხსნება ქლოროფორმში, ეთილის სპირტში, არომატულ

ნახშირწყალბადებში, ცხიმებში, ზეთებში, აცეტონში, ნავთობის გადამუშავების პროდუქტებში - ბენზინში, ნავთში, სოლარის ზეთში. დულს $195-200^{\circ}\text{C}$ -ზე; სხივების (მზის, ულტრაიისფერი, რენტგენის) მოქმედებით იშლება; 135°C -მდე გაცხელებული ტეტრაეთილტყვია დაშლას იწყებს, რომელიც 400°C -ზე აფეთქებით მთავრდება. მჟავების და ჰალოგენიდების მოქმედებით ტეტრაეთილტყვია იშლება ტყვიის დიეთილ-და ტრიეთილ წარმოებულებად. შემდეგი დაშლით კი - ტყვიის არაორგანულ ნაერთებად.

ტეტრაეთილტყვია ჰაერზე იწვის მოყვითალო-თეთრი ფერის გრძელი ალით. წვის სხვა პროდუქტებთან ერთად კვამლი შეიცავს ტყვიის ოქსიდის უმცირეს ნაწილაკებს.

ტეტრაეთილტყვია 50%-იანი სითხის სახით, როგორც ანტიდეტონატორი, გამოიყენება ბენზინსა და ნავთზე დასამატებლად. სახმელეთო ტრანსპორტისათვის 1კგ ბენზინზე ამატებენ 1,5 მლ სითხეს, საჰაერო ტრანსპორტისათვის დანამატი 4მლ-ს შეადგენს. ტეტრაეთილტყვიადამატებულ ბენზინს ეთილირებული ბენზინი ეწოდება. ეთილირებულ საწვავს, როგორც წესი, დამატებული აქვს საღებავი ფერის მისაცემად (წითელი, ნარინჯისფერი ან ლურჯი).

ტეტრაეთილტყვია ძლიერი საწამლავია. ასევე ტოქსიკურია ტეტრაეთილტყვიადამატებული ბენზინი და ნავთი. ორგანიზმში შეიძლება მოხდეს ჩასუნთქვით, კანით ან პირის ღრუს მეშვეობით. მიეკუთვნება ნერვულ შხამებს, რადგან მოქმედებს ორგანიზმის ყველა ნერვულ სისტემაზე. თავის ტვინის ნერვულ სისტემაზე მოქმედება გამოიხატება თავის ტკივილში, თავბრუსხვევაში, მოუსვენარ და შფოთიან ძილში, უძილობაში, კოშმარულ სიზმრებში, მხედველობის მოშლაში და სხვ. ძლიერი მოწამვლის შემთხვევაში ავადმყოფს ეწყება ჰალუცინაციები, ცნობიერების ნაწილობრივი ან სრული დაკარგვა, ბოდვა. ალკოჰოლი აძლიერებს ტეტრაეთილტყვიის მოქმედებას ორგანიზმზე, განსაკუთრებით მგრძნობიარენი არიან ბავშვები.

ტეტრაეთილტყვიის ორგანიზმზე ფარული მოქმედების

პერიოდი რამდენიმე საათიდან რამდენიმე დღის განმავლობაში მერყეობს. მოქმედების ფარული პერიოდი ბავშვებში გაცილებით მოკლეა. სიკვდილი დგება მოწამელიდან 2—5 დღის შემდეგ. გადარჩენის შემთხვევაში გადადის ქრონიკულ მოწამელაში.

ამჟამად ეთილირებული ბენზინის და ნავთის გამოყენება მკვეთრადაა შეზღუდული მთელ მსოფლიოში გარემოს დაბინძურების თავიდან აცილების (ან შემცირების) მიზნით.

1.6.8. ბარიუმი

ბარიუმის ნაერთებს ფართო გამოყენება აქვს ტექნიკაში, მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობაში, ყოფა-ცხოვრებაში, მედიცინაში. ბარიუმის ზოგიერთი ნაერთი (BaCl_2 , Ba(OH)_2 , BaSO_4 , BaCO_3) გამოიყენება ქიმიურ ლაბორატორიებში. Ba-ის მარილების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მათი ხსნადობის ხარისხზე. პრაქტიკულად არატოქსიკურია ბარიუმის სულფატი BaSO_4 (სუფთა). ძლიერ ტოქსიკურია შემდეგი ნაერთები: BaCl_2 , $\text{Ba(NO}_3)_2$, $\text{Ba(ClO}_3)_2$, $\text{Ba(CH}_3\text{COO)}_2$, BaCO_3 , BaS.

ბარიუმის ნაერთებით ორგანიზმის მოწამელა იწვევს თავის ტვინის ანთებით დაავადებებს. მოქმედებს გულის კუნთის მუსკულატურაზე. მწვავე მოწამელა ვლინდება პირის ღრუსა და საყლაპავი მილის შუშხვაში, მუცლის ტკივილში, პირღებინებასა და კუჭის აშლილობაში. მატულობს სისხლის წნევა, მაჯისცემა ძლიერი და არათანაბარია. სახე და კიდურები ღურჯდება, აღინიშნება მეტყველების მოშლილობა, სულის შეზუთვა, თავბრუსხვევა, ხმაური ყურებში, მხედველობის მოშლა. გრძნობა და აზროვნება შენარჩუნებულია მთლიანად. ძლიერი მოწამელის შემთხვევაში მოწამელა მთავრდება ლეტალური შედეგით (მოწამელიდან ერთი დღე-ღამის განმავლობაში).

ქრონიკული მოწამელის შემთხვევაში შეინიშნება ძლიერი

სისუსტე, სუნთქვის შეკერა, ზედმეტი ნერწყვიანობა, სურდო, კონიუქტივიტი, კუჭის აშლილობა, არათანაბარი პულსი, გულისცემის გაზშირება, სისხლის წნევის მომატება, თმების და წვერის გაცვენა.

ბარიუმის ნაერთები ორგანიზმში შეიძლება მოხვდეს მტკრის სახით, სასუნთქი გზებით ან საყლაპავი მილით. კუჭის წვენში არსებული სიმჟავე (HCl) აუბზობესებს ბარიუმის ნაერთების ხსნადობას. მწვავე მოწამვლის შემთხვევაში ბარიუმის ნაერთების ძირითადი მასა ორგანიზმიდან პირლებინებით გამოიღევენება, თუმცა ბარიუმის მნიშვნელოვანი ნაწილი სისხლში აღწევს, რომელიც შემდეგ ილექება ღვიძლსა და ტვინში. შეწოვილი ბარიუმის 65% ილექება ძვლებში, ამასთან მისი ნაწილი გადადის უხსნად ფორმაში (BaSO_4).

ორგანიზმიდან ბარიუმის გამოღევენა ძირითადად ხდება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მეშვეობით, მცირე რაოდენობით — შარდით.

ტოქსიკურ დოზად ითვლება 0,15–0,4 გ Ba-ის შემცველი ნივთიერება; სასიკვდილო დოზად — 0,6–0,7 გ.

1.6.9. თუთია Zn

თუთია მტკრის სახით გვხვდება საწარმოო შენობის ჰაერში თითქმის ყველგან, სადაც ადგილი აქვს ღნობის ტემპერატურაზე მეტად მის გაცხელებას (419°C). მაღალ ტემპერატურაზე ჰაერში გადასული თუთიის მტვერი ადვილად იჟანგება ZnO -ს წარმოქმნით. თუთიის ოქსიდის მტკრის ნაწილაკების ზომა 0,3–0,4მკ-ის ფარგლებშია.

თუთიის ოქსიდი თუთიის შემცველი ნაერთის წარმოქმნის წყაროა. თუთიის ოქსიდი გამოიყენება ტიპოგრაფიული საღებავების, მინის, კერამიკის, ასანთის, ცელულოზის, კბილის ცემენტის, კოსმეტიკური საშუალებების წარმოებაში, მედიცინაში. გამოიყენება რეზინის წარმოებაში, როგორც

ველკანიზაციის პროცესების დამაჩქარებელი, თუთიის მარილების წარმოებაში და სხვ.

თვით თუთიის ოქსიდი (თუთიის მათეთრა) გამოიყენება, როგორც პიგმენტი თეთრი საღებავების დასამზადებლად. თუთიის ოქსიდი მიიღება თუთიის კრიალას (ZnS) გამოწვივით $700-750^{\circ}C$ -ზე. თუთიის ოქსიდი თეთრი ფერის ფხვნილია. მისი სიმკვრივე – 5,47; არ იხსნება წყალსა და სპირტში.

თუთიის ოქსიდით მოწამვლა მოსალოდნელია სპილენძის და თითბერის ჩამოსხმისას, სპილენძის ნაკეთობათა ავტოგენით შედუღებისას, თუთიის ლითონის მიღების შედუღებისას, თუთია-სპილენძის მადნების გამოდნობისას, თუთიის მათეთრათი შეღებილი ძველი გემების ნაკერების ავტოგენური ჭრისას, თუთიის მათეთრას დამზადებისას და ყველა იმ თერმულ პროცესში, სადაც მონაწილეობს თუთია. თუთიით მოწამვლა შეიძლება გამოიწვიოს მოთუთიებულ ჭურჭელში შენახულმა საჭმელმაც.

თუთია და მისი ნაერთები ორგანიზმში შეიძლება მოხვდეს პირის ღრუს მეშვეობით, აგრეთვე სასუნთქი გზებით (მტკრის სახით). ორგანიზმში მოხვედრილი თუთია უკავშირდება ცილებს, რაც იწვევს ციების შეტევას; მოწამვლამ შესაძლებელია გამოიწვიოს პირღებინება და კუნთების ტკივილი, მადის დაკარგვა, დაღლილობა, მკერდის არეში ტკივილი, მთქნარება, ზედმეტი ძილი, მშრალი ხველება, შეიმჩნევა თვალის გუგების გაფართოება, შარდში შაქრის (ჰემატოპორფინი, ურობილინი) მომატება. შაქარი მნიშვნელოვნად მატულობს აგრეთვე სისხლში. არის ღვიძლის გადიდების შემთხვევებიც. ავადმყოფური მდგომარეობა გრძელდება 3-4 დღეს, ზოგჯერ უფრო დიდხანს. მოწამვლის სურათი ინდივიდუალურია, ზოგში სჭარბობს ნერვული სიმპტომები (თავის ტკივილი, გრძნობის დაკარგვა, გუგების გაფართოება, რეფლექსების გაძლიერება), სხვებში თერმული ბალანსის დარღვევა – ციება ან ტკივილი მუცლის არეში, ნაწლავებში, კუჭში, ღვიძლის მკვეთრი გადიდება და სხვ.

თუთია ორგანიზმის ბიოელემენტი და შედის ზოგიერთი ფერმენტის შედგენილობაში. მაგალითად, ადამიანის სისხლი შეიცავს 0,67მგ % თუთიას, ქსოვილები 0,68–5,41, ძვალი 10,1–17,8, თმის ღერი 16,3–22,4 მგ %-ს.

მოწამვლისას თუთია ძირითადად გროვდება ღვიძლსა და კუჭ-ქვეშა ჯირკვალში. ორგანიზმიდან ძირითადად გამოიდევენება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მეშვეობით, ნაწილობრივ – შარდით.

თუთიის ზღ კონცენტრაცია ჰაერში – 5 მკგ/ლ.

1.6.10. ტყვია Pb

ტყვია გამოიყენება ქიმიური აპარატურის და მუავა აკუმულატორების დასამზადებლად, ტყვიის პიგმენტების, ტეტრაეთილტყვიის, თითბრის, ტიპოგრაფიული შენადნობების მისაღებად. ტყვია გამოიყენება, როგორც დამცავი საშუალება γ-გამოსხივებისაგან. ტყვიის მიღების საწყის ნედლეულს წარმოადგენს PbS-ის შემცველი მინერალები, საიდანაც გამოწვით ჯერ იღებენ PbO ტყვიის ოქსიდს, შემდეგ მის სხვა ნაერთებს და ლითონურ ტყვიას.

ტყვიით და ტყვიის ნაერთებით მოწამვლა ცვლილებებს იწვევს ნერვულ ქსოვილებში, სისხლსა და სისხლძარღვებში. ტყვიის ნაერთების მაღალი ტოქსიკურობა ძირითადად დაკავშირებულია მათი კარგი ხსნადლობით ორგანიზმის და კუჭის წვენში. ტყვია არ შედის ბიოელემენტების რიცხვში, მაგრამ გარკვეული რაოდენობით შედის სასმელ წყალსა და საკვებ პროდუქტებში, საიდანაც ორგანიზმში ხვდება. ორგანიზმში მოხვედრილი ტყვიის ნაერთების 90% გამოიდევენება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მეშვეობით, 10% კი შეიწოვება ორგანიზმით. ტყვია ილექება უხსნადი ნაერთების სახით ღვიძლსა და ძელებში. სხეულის დანარჩენ ორგანოებში ილექება შეწოვილი ტყვიის შედარებით მცირე ნაწილი.

ტყვია და მისი ნაერთები საწამლავად ითვლება თითქმის ყველა ცოცხალი ორგანიზმისათვის. ტყვიით შწვავი მოწამელის შემთხვევები შედარებით იშვიათია. შწვავი მოწამელისას პირის ღრუში აღინიშნება მოტკბო გემო, ზედმეტი ნერწყვის გამოყოფა, პირღებინება, მკვეთრი ტკივილები კუჭ-ნაწლავის არეში.

ტყვიით ქრონიკული მოწამელა ხასიათდება (კალკეული სიმპტომური მოვლენების ერთობლიობით. მოწამელის პირველი საფეხური არ ხასიათდება მნიშვნელოვანი გართულებით. განავლის და შარდის ანალიზი ტყვიის მომატებას უჩვენებს.

მეორე საფეხურზე ერთროციტების შემცველობა სამ მილიონამდე და მეტად მცირდება; ჰემოგლობინის შემცველობა 50%-ზე ქვევით ჩამოდის.

მესამე საფეხური ხასიათდება მუცლის მთელ არეში და მარჯვენა ფერდში ძლიერი შეტევეითი ტკივილით, პირღებინებით, კუჭის ძლიერი შეკრულობის და აშლილობის მონაცვლეობით, პირის ღორწოვანი გარსის მსუბუქი ანთებით, სისხლის წნევის მომატებით, კუნთების და თავის ტკივილით, უძილობით. მოწამელის შემდეგი საფეხური ხასიათდება კიდევ უფრო მეტი გართულებით, რაც ხშირად ეპილეფსიურ შეტევებში გადადის. ტყვიით ძლიერი ქრონიკული მოწამელა პრაქტიკულად განუკურნავ დაავადებაში და შრომის უნარის სრულ დაკარგვაში გადადის.

საწარმოო პირობებში ტყვიით ქრონიკული მოწამელა შეიძლება გამოიწვიოს ჰაერმა, რომელშიც ტყვიის კონცენტრაცია არ აღემატება 0,00002–0,00005 მგ/ლ-ს. არის შემთხვევები, როდესაც ქრონიკული მოწამელა გამოწვეულია ყოველდღიურად, 8 წლის განმავლობაში 0,1მგ ტყვიის მიღებით.

ტყვიის ზღ კონცენტრაცია სამრეწველო საწარმოებში შეადგენს 0,01მგ/მ³-ს (0,01 მკგ 1 ლიტრ ჰაერში).

1.6.11. მანგანუმი Mn

მანგანუმი და მისი ნაერთები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში: მეტალურგიაში, ჭიქურების და ემალის წარმოებაში, მანგანუმშემცველი მინების მოხარშვის პროცესში, ქიმიურ მრეწველობაში. მანგანუმის ზოგიერთი ნაერთი გამოიყენება მედიცინაში, სანიტარიაში, ქიმიურ ლაბორატორიებში.

მანგანუმი მიეკუთვნება იმ ელემენტების რიცხვს, რომლებიც ცხოველთა ორგანიზმში გარკვეულ ბიოლოგიურ როლს ასრულებენ. ამიტომ, რომ ბიომასალის სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევისას ყოველთვის აქვს ადგილი ბიომასალაში მანგანუმის აღმოჩენის ფაქტს. ამდენად მანგანუმზე გამოკვლევის მოთხოვნისას ქიმიკოს-ექსპერტი ვალდებულია შეასრულოს ობიექტად წარმოდგენილ ბიომასალაში მანგანუმის არა თვისებრივი, არამედ რაოდენობრივი განსაზღვრა.

ადამიანის ორგანიზმში მანგანუმის საერთო შემცველობა აღწევს 0,05%-ს; ღვიძლში მისი შემცველობა იცვლება 1,7–2,0მგ-ის ფარგლებში 100გ ღვიძლზე გადაანგარიშებით.

მანგანუმის ნაერთები მიეკუთვნება ძლიერ პლოტოპლაზმური შხამების რიცხვს. ისინი მოქმედებენ ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე და იწვევენ მასში ორგანულ ცვლილებებს, აზიანებენ თირკმლებს, ფილტვებს, სისხლის მიმოქცევის ორგანოებს და სხვ. ხსნარის გამოვლება პირის ღრუსა და ყელში იწვევს პირის ღრუს და საყლაპავი მილის გარსის ანთებას. მანგანუმის ნაერთები ძირითადად ღვიძლში გროვდება. ადამიანის ორგანიზმიდან ისინი გამოიდევნებიან კუჭ-ნაწლავის ტრაქტით და თირკმლებით (შარდის სახით). მანგანუმის ზდ კონცენტრაცია ჰაერში შეადგენს 0,003 მგ/ლ MnO_2 -ზე გადათვლით.

1.6.12. სპილენძი Cu

სპილენძი და მისი ნაერთები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში, კერძოდ, საღებავების წარმოებაში, დაჩითვაში (ჩითის ქსოვილების დამზადებისას), პიროტექნიკაში, გალვანოპლასტიკაში, ხეების გასაჟღენტად, კერამიკული ნაკეთობების წარმოებისას და სხვ. სპილენძის ზოგიერთი ნაერთი გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში, როგორც ინსექტოფუნგიციდი. ესენია: CuO , CuCl_2 , $\text{CuO} \cdot \text{CuCl}_2$, CuSO_4 , $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. პარიზის მწვანე $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{ASO}_2)_2$ გამოიყენება სოფლის მეურნეობის მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად.

სპილენძის ზოგიერთი ნაერთი მედიცინაში გამოყენება, ესენია: სპილენძის შაბიამანი $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ და სპილენძის ციტრატი $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

სპილენძი გარკვეული რაოდენობით ყოველთვის იმყოფება ადამიანის ორგანიზმში (100–150 მკ) და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ორგანიზმში მიმდინარე ფიზიოლოგიურ პროცესებში, კერძოდ, ჰემოგლობინის წარმოქმნის სტიმულირებაში, უჯრედების ზრდასა და გამრავლებაში, ზოგიერთი ფერმენტის ცხოველქმედებაში და სხვ. ორგანიზმში სპილენძი გვხვდება ორგანული კომპლექსური ნაერთის სახით.

არაორგანული ნაერთების სახით დიდი რაოდენობით სპილენძის მოხვედრა ორგანიზმში იწვევს მოწამვლას. კუჭში სპილენძის ნაერთების მოხვედრა იწვევს მუცლის არეში ტკივილს, გულისრევას, პირღებინებას, კუჭის აშლილობას, ჰემოგლობინის გადასვლას შარდსა და სისხლის პლაზმაში, სიყვითლეს, ანემიას. სპილენძის დეტალების გაპრიალებისას, სხვადასხვა შენადნობების მიღებისას და სპილენძის აპარატების გაწმენდისას შეიძლება ორგანიზმში მოხვდეს ლითონური სპილენძის ორთქლი ან თვით სპილენძის ნამცეცები, რამაც შეიძლება მოწამვლა გამოიწვიოს. მოწამვლა

შეიძლება გამოიწვიოს აგრეთვე ორგანული მჟავების შეშცველი ხილის სპილენძის ჭურჭელში ზარშვამ.

კუჭში მოხვედრილი სპილენძის ნაერთების შეწოვა სისხლის მიერ ნელა მიმდინარეობს.

მოწამვლით გამოწვეული პირღებინებით ორგანიზმიდან გამოიდევნება სპილენძის ნაერთების დიდი ნაწილი. სათანადოდ, სისხლში გადადის სპილენძის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი. სისხლში გადასული სპილენძი ძირითადად აზიანებს ღვიძლს და თირკმლებს. სპილენძის იონების ორგანიზმიდან გამოიდევნა წარმოებს ნაწლავების და თირკმლების მეშვეობით.

ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში დადგენილია მხოლოდ სპილენძის შენადნობებისათვის და 0,004 მგ/ლ-ის ტოლია.

1.6.13. ვერცხლისწყალი Hg

ვერცხლისწყალი და მისი ნაერთები ფართოდ გამოიყენება ტექნიკაში, ქიმიურ მრეწველობაში, მედიცინაში. ტექნიკაში გამოიყენება ნათურების, თერმომეტრების, საკონტროლო საზომი ხელსაწყოების დასამზადებლად, ელექტროლიზური ქლორის მისაღებად, მადნებიდან ოქროსა და ვერცხლის ამოსაღებად. ვერცხლისწყლის ყვითელი ოქსიდი (II) შედის კანის სნეულებათა სამკურნალო და თვალის მალამოების შედგენილობაში, წითელი ოქსიდი საღებავების დასამზადებლად. ვერცხლისწყლის (I) ქლორიდი (კალომელი) გამოიყენება, როგორც ფუნგიციდი. ორვალენტური ვერცხლისწყლის ოქსიდი ძლიერ ტოქსიკურია და გამოიყენება როგორც მალეზინფიცირებელი საშუალება. გამოიყენება აგრეთვე ხის დამუშავებისათვის და ზოგიერთი სახეობის მელნის დასამზადებლად. HgO გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში,

როგორც ფუნგიციდი. ვერცხლისწყლის მრავალი ორგანული ნაერთი გამოიყენება თესლეულის შესაწამლად, როგორც პესტიციდი. მცირე რაოდენობით ვერცხლისწყალი ადამიანის ორგანიზმის ბუნებრივი შემადგენელი ნაწილია (იხ. ცხრ. 1).

ვერცხლისწლით მოწამვლის მიმდინარეობა და ხასიათი დამოკიდებულია მისი ორგანიზმში მოხვედრის გზებზე. სასუნთქი გზებით ორგანიზმში მოხვედრილი ვერცხლისწყლის ორთქლი პირველ რიგში ალიზიანებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, უპირატესად თავის ტვინის ქერქს. საყლაპავი მილით მოხვედრილი ვერცხლისწყლის წვეთები ძირითადად ალიზიანებს კუჭ-ნაწლავის ტრაქტს, თირკმლებს, ღვიძლსა და სანერწყვე ჯირკვლებს, ე.ი. ორგანიზმში ვერცხლისწყლის ნაერთების გადაადგილების გზებს. ვერცხლისწყლის ნაერთებით მოწამლულს აღენიშნება მეტალური გემო პირში, მწვავე ტკივილები საჭმლის მომნელებელ არხსა და კუჭში, პირღებინება და სისხლიანი კუჭაშლილობა. სასიკვდილო დოზად ითვლება ვერცხლისწყლის მარილების 0,2–0,3 გ ლითონურ ვერცხლისწყალზე გადაანგარიშებით.

ვერცხლისწყლის ორგანული ნაერთები ხასიათდება გაცილებით მაღალი ტოქსიკურობით, ვიდრე მისი არაორგანული ნაერთები. ამასთან მათი ტოქსიკურობის მაჩვენებელი არ არის დამოკიდებული ორგანიზმში მოხვედრის გზებზე და როგორც წესი, იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებას. ვერცხლისწყლის პრეპარატებით მოწამელამ შეიძლება სიკვდილი გამოიწვიოს მათი მიღებიდან 5–10 დღე-ღამის შემდეგ. ორგანიზმიდან ვერცხლისწყალი გამოიღვენება თირკმლებით, ნაწლავებით და ორგანიზმის ყველა ჯირკვლით (სანერწყვე, საოფლე, სარძევე და სხვ.). გამოყოფა ხდება ნელა. მაგალითად, ორგანიზმში შეყვანილი ვერცხლისწყლის პრეპარატის $1/3$ კიდევ რჩება 2 კვირის გასვლის შემდეგ. განსაკუთრებით დიდხანს რჩება ორგანიზმში (უპირატესად თავის ტვინში) ვერცხლისწყლის ორგანული პრეპარატები.

ვერცხლისწყალს აქვს უნარი უმეტესად დაილექოს ღვიძლსა და თირკმლებში, ნაკლებად სხვა ორგანოებში. შარდში ვერცხლისწყლის ბუნებრივი შემცველობა შეადგენს $10 \gamma \text{ Hg}^{2+}$ -ს 100 მლ-ში.

ლითონური ვერცხლისწყლის ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში 0,00001 მგ/ლ შეადგენს (0,01 γ ერთ ლიტრში). ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები ვერცხლისწყლის სხვადასხვა ნაერთებისათვის განსხვავებულია. HgCl_2 -სათვის ეს სიდიდე შეადგენს 0,0001 მგ/ლ, ქლორორგანული ნაერთებისათვის (ეთილმერკურქლორიდი $\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$, ეთილმერკურფოსფატი $((\text{C}_2\text{H}_5\text{Hg})_3\text{PO}_4$ და სხვ.) 0,000005 მგ/ლ (Hg-ზე გათვლით).

1.6.14. ქრომი Cr

ქრომის ნაერთებიდან განსაკუთრებული ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობით ხასიათდება სამ-და ექვსვალენტიანი ქრომის ნაერთები. ისინი გამოიყენება მეტალურგიულ, ქიმიურ და ტყავის მრეწველობაში, კერამიკული ნაკეთობების და ლაქსაღებავების წარმოებაში. ქრომის ზოგიერთმა ნაერთმა გამოიყენება პოვა სოფლის მეურნეობაშიც. უფრო მაღალი ტოქსიკურობით გამოირჩევა ექვსვალენტიანი ქრომის (Cr^{6+}) ნაერთები — ქრომატები და ბიქრომატები. ამასთან ბიქრომატები უფრო ტოქსიკური ნაერთებია, ვიდრე ქრომატები. Cr^{6+} -ის მარილების მტკრის ჩასუნთქვა იწვევს გაღიზიანებას, სიღამწვრეს, მოქმედებს ცხვირის ლორწოვან გარსზე. ქრომის ნაერთების აკუმულირება ხდება ცხვირის ზრტილოვან ნაწილში და იწვევს მის გამრუდებას. დამტკიცებულია, რომ ქრომის ნაერთები ხასიათდება კანცეროგენული თვისებებით.

ორგანიზმში პირის ღრუთი მოხვედრილი ქრომის ნაერთები იწვევს პირის ღრუს ლორწოვანი გარსის, საყლაპავი მილის

და კუწის წვას, შებერვას, შესიებას, პირის ღრუს ლორწოვანი გარსის ყვითლად შეფერვას.

ქრომის ნაერთების სასიკვდილო დოზაზე ერთნაირი აზრი არ არსებობს, რის გამოც მონაცემები მკვეთრად განსხვავდება. ზოგიერთ ლიტერატურულ მონაცემზე დაყრდნობით სასიკვდილო დოზად მიჩნეულია 0,2–0,5 გ, სხვა ლიტერატურული წყაროს თანახმად ეს დოზა 4–8 გ-ს შეადგენს.

მწვავე მოწამვლისას ქრომი გვხვდება თირკმლებსა და ენდოკრინულ ჯირკვლებში, ღვიძლში. ორგანიზმიდან ძირითადად გამოიდევენება თირკმლების მეშვეობით, რის გამოც დაზიანების კერებს თირკმლები და შარდსადენის ლორწოვანი გარსი წარმოადგენს.

ქრომის ნაერთების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია სამუშაო ნიშნის ქრომისათვის 0,0001 მგ/ლ-ია (Cr_2O_3 ზე გადათვლით); ექსპოზიციის ქრომისათვის 0,0001 მგ/ლ (CrO_3 -ზე გადათვლით).

1.6.15. დარიშხანი As

ტოქსიკოლოგიური თვალსაზრისით, დარიშხანის ნაერთები ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვან ნაერთთა კლასია. ეს, ერთი მხრივ, გამოწვეულია დარიშხანის ნაერთების მრავალფეროვნებით, რომლებსაც ფართოდ იყენებენ მრეწველობასა და ყოფა-ცხოვრებაში, მეორე მხრივ, მისი ყველა პრეპარატის ტოქსიკურობით.

დარიშხანოვანი ანჰიდრიდი As_2O_3 (თეთრი დარიშხანი) გამოიყენება, როგორც ინსექტიციდი და კონსერვანტი სოფლის მეურნეობაში, მინის ხარშვისას, ტყავის მრეწველობაში და სხვ. Na_3AsO_3 , NaAsO_2 და მათი ნარევი მღრღნელების, კალიების, სხვა მავნე მწერების და ცხოველების წინააღმდეგ

საბრძოლველად. $\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ გამოიყენება მაღარი კოლოს, მინდვრის თაგვის და სხვა მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად. იგივე დანიშნულებისაა კალციუმის არსენატის $(\text{Ca}(\text{AsO}_4)_2)$ ტალკთან ნარევი. ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვან ნაერთებს მიეკუთვნება აგრეთვე ნაერთები: $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ (პარიზის მწვანე) და AsH_3 (დარიშხანწყალბადი).

დარიშხანის ნაერთებით მოწამვლამ შეიძლება გამოიწვიოს საჭმელთან ერთად As_2O_3 -ის შემთხვევითმა მიღებამ, დარიშხანის ნაერთებით გაჭუჭყიანებულ ჭურჭელში საკვები პროდუქტების შენახვამ, მოწამლული მარცვლეულის ფქვილის გამოყენებამ, ნაყოფმომცემი ხეების და ბოსტნეული კულტურების მოგვიანებით შეწამვლამ, დარიშხანის შემცველი ჭის წყლის გამოყენებამ, არის პარიზის მწვანეთი შეღებილი სახურავიდან შეგროვალი წვიმის წყლის ხანგრძლივი გამოყენებით (11,5 წელი) ქრონიკული მოწამვლის, აგრეთვე ამავე საღებავით შეღებილ შენობაში მოწამვლის შემთხვევებიც.

ხშირია დარიშხანის ნაერთების შემცველი ხსნარით მცენარეულობის შეწამვლისას ხსნარის უმცირესი წვეთების ჩასუნთქვით გამოწვეული მოწამვლაც.

ძლიერ საშიშია დარიშხანის ნაერთების მწარმოებელ ქარხანაში მტვრისა და ნისლის გამოყოფა. არის აირგამწმენდ დანადგარში დარიშხანის ნაერთების შემცველი ხსნარებით მოწამვლის შემთხვევები (მაგალითად, კოქსის აირის H_2S -ისაგან სოდა-დარიშხანის ხსნარით გაწმენდისას). ცნობილია კანიდან დარიშხანით მოწამვლის ფაქტები.

დარიშხანი მოქმედებს ვეგეტატიურ ნერვულ სისტემაზე და სისხლძარღვების კედლებზე ზრდის გამჭოლუნარიანობას. შედეგად მოყვება კაპილარების დაშლა, რითაც წყდება უჯრედების კვების პროცესი. ხასიათდება ადგილობრივი მოქმედების მაღალი აქტივობით. არღვევს უჯრედების კვების პროცესს და ხელს უწყობს ავთვისებიანი წარმონაქმნების განვითარებას.

დარიშხანი ელემენტარული სახით საწამლავს არ წარმოადგენს.

განასხვავებენ მწვავე მოწამელის სამ ფორმას:

1) პესტიციდების კუჭში მოხვედრისას ადგილი აქვს კუჭ-ნაწლავის დაზიანებას. მიღებიდან 0,5–0,2 სთ-ის შემდეგ შეინიშნება მუცლის ძლიერი ტკივილი, პირში მეტალური გემო, ძლიერი პირღებინება და კუჭის აშლილობა. პირღებინების მასას ზოგჯერ აქვს მწვანე ფერი (ნაღვლის წვენი). რამდენიმე საათში პირღებინება წყდება, მაგრამ მუცლის არეში ტკივილი და კუჭის აშლილობა გრძელდება. შემდგომი სიმპტომები გვაგონებს ქოლერას, რაც სითხის დიდი რაოდენობით დაკარგვითაა გამოწვეული. ავადმყოფს ხმა ჩახლენილი აქვს და მისუსტებულია, ტემპერატურა ნორმის ქვემოთაა. იწყება თავბრუსხვევა, რაც ხშირად გრძნობის დაკარგვაში გადადის. ძლიერი ფორმებისას, რამდენიმე დღის შემდეგ, მოწამელა შეიძლება სიკვდილით დამთავრდეს.

საერთოდ, მოწამელის პერიოდი 2–3 დღიდან 1–2 კვირამდე გრძელდება. შემდეგ ავადმყოფის მდგომარეობა უმჯობესდება. თუმცა 8–15 დღის შემდეგ შესაძლებელია პოლინევრიტი განვითარდეს. პარიზის მწვანეთი შეწამლული ხორბლის პური მოწამელისას სწრაფად ხდება სახის და ქუთუთოების შესიება, რასაც ახლავს შუქისაგან თვალის მოჭრა;

2) დიდი დოზით შხამის მიღებისას ვითარდება პარალიტური (დამბლის) ფორმა, რაც გამოიხატება საერთო სისუსტეში, სხვადასხვა კუნთოვანი სისტემის კრუნჩხვაში, გრძნობის დაკარგვაში, სასუნთქი გზებისა და სისხლძარღვების დაშლაში. სიკვდილი შეიძლება დადგეს რამდენიმე საათის შემდეგ, კუჭ-ნაწლავის მოშლის გარეშე. იშვიათად ერთი დღის შემდეგ;

3) დარიშხანის ნაერთების მტვრის ჩასუნთქვისას პირველ რიგში შეიმჩნევა თვალებისა და სასუნთქი გზების ლორწოვანი გარსის გაღიზიანება, თვალების გაწითლება, ცრემლდენა, ცხვირიდან ჩამონადენი, ცხვირის ცემინება, ხველა. თუ

დარიშხანის ნაერთებით გაჭუჭყიანებულ ჰაერში მუშაობა მეორე დღესაც გრძელდება. სიმპტომები ძლიერდება, ვითარდება ძლიერი თავის ტკივილი და ფეხების ყრუ ტკივილი. უფრო ძლიერი მოწამვლისას შესაძლებელია გამოვლინდეს კუჭ-ნაწლავის მოშლა, ტკივილები მუცლის არეში. შეინიშნება სქესობრივი ორგანოების არეში ქავილი და სიცხე. მოწამვლამ შეიძლება გამოიწვიოს ნერვული სისტემის დაზიანება (თავის ტკივილი, თავბრუსხვევა, სისუსტე), შესაძლებელია ტემპერატურის მომატება $38-40^{\circ}\text{C}$ -მდე.

ქრონიკული მოწამვლის შემთხვევაში შეიმჩნევა:

1. კუჭ-ნაწლავის მოშლა, გულისრევა, ტკივილი მუცლის არეში, უმადობა, კუჭაშლილობის და შეკრულობის მონაცვლეობა. მძიმე ქრონიკული მოწამვლის შემთხვევაში შესაძლებელია ცეროზის განვითარება;

2. ლორწოვანი გარსის და კანის დაზიანება, ცრემლდენა, შიში შუქისადმი, ქუთუთოების შესიება, კონიუქტივიტი, სიმშრალე ცხვირში და სტომატიტი ხახაში;

3. ნერვული სისტემის დაზიანება. შრომის უნარის დაქვეითება, თავის ტკივილი, აზროვნების, მეხსიერების და მეტყველების დაქვეითება, ზოგჯერ ფსიქიკური მოშლილობა, სქესობრივი აქტივობის შესუსტება, დეგენერატიული მოვლენები სხეულის შიგა ორგანოებში, განსაკუთრებით ღვიძლში, გულში, თირკმლებში.

დარიშხანის ნაერთები (ტოქსიკოლოგიურთან ერთად) ავლენს კანცეროგენულ თვისებებსაც. დარიშხანის ნაერთებით მოწამვლისას, უმეტესად, დაფიქსირებულია კანის კიბოს, აგრეთვე ყელის და კუჭ-ნაწლავის კიბოს განვითარება.

წყლითა და საჭმლით ადამიანის ორგანიზმში ყოველდღიურად შედის 0,02 მგ დარიშხანი. დარიშხანი აღმოჩენილია აგრეთვე ადამიანისა და ცხოველის თითქმის ყველა ქსოვილში. ორგანიზმში დიდი რაოდენობით დარიშხანი შედის კვების რაციონად ზღვის თევზის გამოყენებისას. სხეულის სხვადასხვა ნაწილებში დარიშხანის შემცველობა

დიდად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და იცვლება 1,8—7,2 მგ %-ის ფარგლებში.

დარიშხანის კონცენტრაცია შარდში დამოკიდებულია კვების რაციონზე, საკვების მომზადების ტექნოლოგიასა და სასმელად გამოყენებულ წყალში დარიშხანის შემცველობაზე.

დარიშხანის დალექვა ძირითადად ხდება კანში, თმებში, ფრჩხილებში, რაც გამოწვეულია კერატინებთან დარიშხანის სწრაფვის უნარით. დარიშხანის შემცველობამ თმაში შესაძლებელია 50-ჯერ გადააჭარბოს ღვიძლში მის შემცველობას (ამასთან ღვიძლში მისი შემცველობა გაცილებით მეტია სხეულის სხვა ორგანოებთან შედარებით). შეშინებულია, რომ ორგანიზმში დარიშხანის გაზრდილი რაოდენობით მოხვედრისას უკვე 5-6 დღის შემდეგ შეიმჩნევა თმის ეპიდერმიულ ნაწილში დარიშხანის დიდი რაოდენობით გაზრდა.

დარიშხანის ორგანიზმიდან გამოდევნა ხდება თირკმლებით, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტით, კანით, ფილტვებით. დარიშხანი აღმოჩენილია აგრეთვე მეძუძური დედის რძეში, შარდში. მისი მაქსიმალური გამოდევნა ორგანიზმიდან შემჩნეულია მისი მიღებიდან 4 დღის შემდეგ. დარიშხანის გამოდევნა ორგანიზმიდან ნელა მიმდინარეობს, ამიტოა განპირობებული ორგანიზმში მისი კუმულირება. განავალში დარიშხანის აღმოჩენა შესაძლებელია მოწამვლიდან რამდენიმე კვირის გასვლის შემდეგაც. გვამის ნარჩენებში სიკვდილიდან რამდენიმე წლის შემდეგ.

დარიშხანის ზდ კონცენტრაცია (As^{3+} -ის და As^{5+} -ის ნაერთებისათვის სათანადოდ, As_2O_3 -ზე და As_2O_5 -ზე გადათვლით) შეადგენს 0,0003 მგ/ლ. კალციუმის არსენიტისათვის ეს სიდიდე დაწეულია 0,0001 მგ/ლ-მდე.

1.6.16. ვერცხლი Ag

ვერცხლის ნაერთებიდან ტოქსიკურობით ხასიათდება მხოლოდ AgNO_3 (ვერცხლის ნიტრატი). მედიცინაში გამოიყენება, როგორც მადეზინფიცირებელი, შემკვრელი და მოსაწვაი საშუალება. ვერცხლის ნიტრატი, როგორც რეაქტივი ფართოდ გამოიყენება ქიმიურ ლაბორატორიებში.

ვერცხლი მცირე რაოდენობით შედის ორგანიზმის ქსოვილების შედგენილობაში. კუჭში მოხვედრილი ვერცხლის ნაერთები ცუდად შეიწოვება სისხლის მიერ, ამიტომ მისი ძირითადი ნაწილი გამოიდევენება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მეშვეობით. ვერცხლის ნიტრატი მოქმედებს კანსა და ლორწოვან გარსზე, შედეგად შესაძლებელია ქიმიური დამწვრობის განვითარება.

ვერცხლის ხანგრძლივი მიღებით ორგანიზმში შეიძლება აღვილი ჰქონდეს დაღეჭვით პროცესებს. შედეგად კანი იღებს ნაცრისფერ-მომწვანო ან ყავისფერ შეფერილობას.

1.6.17. არაორგანული აირადი შხამები

გოგირდის დიოქსიდი SO_2

გოგირდის დიოქსიდი SO_2 ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე უფერო, მკვეთრი, დამახასიათებელი სუნის მქონე აირია. დულს $-10,62^\circ\text{C}$ -ზე; იყინება $75,48^\circ\text{C}$ -ზე. ჰაერზე 2,2-ჯერ მძიმეა. ერთ მოცულობა წყალში 20°C -ზე იხსნება 40 მოცულობა SO_2 .

გოგირდის დიოქსიდი გამოიყენება ნატრიუმის სულფიტის წარმოებისას, სამაცივრო სისტემებში, კვების მრეწველობაში როგორც კონსერვანტი, ტრიკოტაჟის წარმოებაში. გამოიყენება აგრეთვე როგორც მათეთრებელი და მადეზინფიცირებელი

საშუალება. გამოყენების ფართო სპექტრი განაპირობებს გოგირდის დიოქსიდის ტოქსიკოლოგიურ მნიშვნელობას.

გოგირდის დიოქსიდის ჩასუნთქვა იწვევს სასუნთქი გზების გაღიზიანებას. გამაღიზიანებელი მოქმედება გამოწვეულია სასუნთქი გზების ლორწოვანი გარსის სველი ზედაპირით SO_2 -ის აბსორბციით და მისი შემდგომი გარდაქმნით ჯერ H_2SO_3 -ში, შემდეგ გოგირდმჟავაში. ორგანიზმში მოხვედრილი SO_2 იწვევს მიმოცვლითი, ჟანგვითი და ფერმენტული პროცესების დარღვევას თავის ტვინში, ღვიძლში, კუნთებში, აგრეთვე B და C ვიტამინების შემცველობის შემცირებას.

გოგირდის დიოქსიდის სუნი ჰაერში შეინიშნება უკვე 0,003მგ/ლ კონცენტრაციისას. თვალების გაღიზიანებას იწვევს 0,05მგ/ლ შემცველობა ჰაერში. 0,06 მგ/ლ შემცველობა კი ცხვირის ღრუს მკვეთრ გაღიზიანებას, ცხვირის ცემინებას, ხველას.

დაბალი კონცენტრაციის შემთხვევაში SO_2 აღიზიანებს ლორწოვან გარსს. უფრო მაღალი კონცენტრაცია ცხვირის ლორწოვანი გარსის ტრაქეის და ბრონქების ანთებას, რაც ხველაში, ცხვირის ღრუს წვაში, მკერდის არეში ტკივილსა და ცრემლდენაში გადადის, ვითარდება სისხლდენა ცხვირიდან. უფრო ხანგრძლივი მოქმედების შემთხვევაში იწყება გულის-რევა, მეტყველება გაძნელებულია, ვითარდება თვალის ლორწოვანი გარსის ძლიერი ანთება. SO_2 -ით მაღალი კონცენტრაციის ჰაერის ერთჯერადი ჩასუნთქვა იწვევს სულის შეხუთვის, გალურჯებას და აზროვნების სწრაფ დაკარგვას.

ლეტალური შედეგის მიზეზი ხდება ზედა სასუნთქი გზების ძლიერი გაღიზიანებით გამოწვეული რეფლექტორული სპაზმა ან, შედარებით დაბალი კონცენტრაციისას, ფილტვებში სისხლის მიმოქცევის შეჩერება.

ქრონიკული მოწამვლის შემთხვევაში შეინიშნება გემოს შეგრძნების მნიშვნელოვანი დაქვეითება, კატარი, ლარინგიტი, ბრონქიტი, ბრონქიალური ასთმის მსგავსი შეტევითი მოვლენები, კუჭ-ნაწლავის მოქმედების პერიოდული მოშლა,

ვითარდება კონიუნქტივიტი, კბილების დაშლა. სისხლში მკვეთრად მატულობს ან პირიქით კლებულობს ერითროციტები და ჰემოგლობინი.

ორგანიზმში შეღწევა ხდება სასუნთქი გზებით. ძლიერ მაღალი კონცენტრაციის პირობებში (მაგალითად, აირწინაღით) მუშაობისას SO_2 -ის შეღწევა ორგანიზმში შესაძლებელია კანის მეშვეობითაც. ამ დროს იგრძნობა კანის გაღიზიანება და სითბო. კანის სისველე და ოფლიანობა ხელს უწყობს SO_2 -ის მოქმედებას კანზე და გოგირდმჟავას მოქმედების მსგავსად ვლინდება.

ნახშირბადის მონოქსიდი CO

ნახშირბადის მონოქსიდი CO უფერო, უგემო აირია, ნიორის სუნის მსგავსი, თითქმის შეუმჩნეველი სუნით. მცირედ იხსნება წყალში ($0,02489^{20}$). თითქმის არ აღსორბირდება გააქტიურებული ნახშირით. დუღს -192°C -ზე, იყინება 205°C -ზე. იწვის მოცისფრო ალით. ორი მოცულობა CO-ს და ერთი მოცულობა ჟანგბადის ნარევი ანთებისას ფეთქდება. გამოიყენება ქიმიური მრეწველობის სხვადასხვა დარგში. გვხვდება ნახშირბადშემცველი ნივთიერებების წვით მიღებულ აირებში. სამრეწველო მიზნებისათვის მიიღება ბუნებრივი აირის ან ნახშირბადის წყლის ორთქლით კონვერსიის გზით.

შიგაწვის ძრავის მქონე ავტომობილების გამონაბოლქვ აირებში CO-ს შემცველობა საშუალოდ 6,3%-ს აღწევს. ძრავას მუშაობის პირობების, მისი გამართვის ხარისხის და საწვავის სახეობის მიხედვით იცვლება 1,0-დან 13,7%-ის ფარგლებში. კოქსის აირში 6,5-დან 7,5%-ის ფარგლებში. CO_2 -ისგან გაწმენდილ კოქსის აირებში CO-ს შემცველობა 20%-ს, ხოლო დომენის აირებში 30%-ს აღწევს.

CO-თი მოწამვლის საშიშროება არსებობს ყველგან, სადაც ადგილი აქვს ქვანახშირის ან ნახშირბადის შემცველი

ნივთიერებების წვას. ამასთან, რაც ნაკლებია ჰაერის ახალი ნაკადის შეღწევადობა, მით მეტია CO-თი მოწამვლის საშიშროება.

ნახშირბადის მონოქსიდით შესაძლო მოწამვლის პირობები იქმნება მეტალურგიულ ქარხნებში (დომენის ღუმლების წმენდისა და შეკეთებისას, საყალიბე ფორმების შრობისას, ჰირგენერატორის დანადგარებთან მუშაობისას და სხვ.). ასეთივე პირობები შეიძლება შეიქმნას ცემენტის და კერამიკული ნაკეთობების საწარმოებში, ქიმიური მრეწველობის ბევრ ქარხანაში. მოწამვლის საშიშროება შეიძლება შეიქმნას აგრეთვე ავტომანქანის კაბინაში, ავტოსარემონტო საამქროებში, ტრაქტორზე მუშაობისას, მანქანების სადგომებში და სხვ. შეიძლება ითქვას, რომ CO-თი მოწამვლის საშიშროება არსებობს მრეწველობის ყველა დარგში, სადაც ადგილი აქვს ღუმლების გაუმართავ მუშაობას, კონსტრუქციულ დეფექტებს, არასრულ წევას (საკვამლე ბილით ნაშვვი აირის არასრულ გაწოვას) და სხვ.

ორგანიზმში მოხვედრილი CO იწვევს სისხლის შემადგენელი ოქსიჰემოგლობინიდან (HbO_2) ჟანგბადის გამოდევნას. შედეგად მიიღება კარბოქსიჰემოგლობინი (COHb), სისხლი ღარიბდება ჟანგბადით, რის გამოც ფერხდება ჟანგბადის გადატანის პროცესი ფილტვებიდან ქსოვილებში. სისხლში ჟანგბადის დაბალი პროცენტული შემცველობის გამო ადგილი აქვს სულის შეხუთვისა და მოგუდვას. სისხლში ჰემოგლობინის შემცველობა შეიძლება დაეცეს 18–20%-დან 8%-მდე. არტერიულ და ვენურ სისხლში ჟანგბადის კონცენტრაციათა სხვაობა 6–7%-დან 2–4%-მდეა. ნახშირბადის მონოქსიდით სისხლში ჟანგბადის ჩანაცვლება გამოწვეულია CO-ს მიერთებისადმი ჰემოგლობინის მაღალი სწრაფვით. დადგენილია, რომ ჰემოგლობინის CO-ს მიმართ სწრაფვა 300-ჯერ მეტია ჟანგბადთან შედარებით. უჯრედების ჟანგბადით მომარაგების პროცესის შენელება გამოწვეულია არა მარტო იმით, რომ სისხლში შემცირებულია ჟანგბადის შემცველობა,

არამედ იმითაც, რომ CO-ს შემცველობის პირობებში, ოქსოჰემოგლობინის დისოციაციის უნარი უარესდება, რაც კიდევ უფრო მეტად აძნელებს სისხლის მიერ ქსოვილებისადმი ჟანგბადის გადაცემას.

COHb-ს წარმოქმნისაგან დამოუკიდებლად ნახშირბადის მონოქსიდი პირდაპირ ზემოქმედებასაც ახდენს უჯრედებზე, აფერხებს მათ სუნთქვით პროცესს და ამცირებს ჟანგბადის მოხმარებას. ზოგიერთი მონაცემით [10] ჟანგბადი უერთდება არა მარტო ჰემოგლობინს, არამედ მიოგლობინს, ციტოქრომს და ციტოქრომოქსილოზასაც. CO იწვევს შაქრის მომატებას სისხლში (390 მგ %-მდე), არღვევს ფოსფორის ბალანსს ორგანიზმში, ძლიერ აღაგზნებს კაროტიდულ ქიმიორეცეპტორებს.

მწვავე მოწამვლა ვლინდება გრძნობის დაკარგვასა და მოგუდვაში. მოწამვლის მიმდინარეობა შეიძლება სავსებით სხვადასხვანაირად განვითარდეს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საწყისი სიმპტომები. მცირე კონცენტრაციებით ჩასუნთქვისას (1 მგ/ლ-მდე) თავი მძიმდება, იგრძნობა შუბლსა და საფეთქელში მოწოლა, შემდეგ ძლიერი ტკივილი. პირველ პლანზე იწვევს თავბრუსხვევა და ხმაური ყურებში, კანკალი, სისუსტის შეგრძნება, პულსის გახშირება, პირღებინება. აღნიშნული მოვლენები შეიძლება გახდეს მოწამვლის მძიმე შედეგის თავიდან აცილების საშუალება.

CO-თი მოწამლულ გარემოში შემდგომი ყოფნით შეინიშნება საერთო სისუსტე, მთელ სხეულში განვითარებული სიმძიმისადმი გულგრილობა, რომელიც ზოგჯერ სასიამოვნო შეგრძნებებში გადადის. CO გარემოში შემდგომი ყოფნისას ვითარდება ძილის მოგვრა, სპირტის ან ნარკოტიკის ზემოქმედების მსგავსი ბუნდოვანი აზროვნება, რომელიც ცნობიერების დაკარგვასა და თრობაში გადადის. კომაში ყოფნა ხშირად 1-2 დღეს გრძელდება. იშვიათ შემთხვევაში ცნობიერება შენახულია სიკვდილის ბოლო წუთებამდე, რიგ შემთხვევაში კი - ცნობიერება დაკარგულია რამდენიმე დღე-

ღამის განმავლობაში. მოწამვლისას ყველაზე მეტად ზიანდება ცენტრალური ნერვული სისტემა, ირღვევა მოძრაობის კოორდინაცია, მოწამლულს არ შეუძლია სწორი სიარული და წერა. თანდათანობით კარგავს ხელ-ფეხის დამორჩილების და ტკივილის შეგრძნების უნარს. უქვეითდება მეხსიერება და ახლობლების ცნობის უნარი, არ შეუძლია მოწამვლის გარემოებების აღწერა, მხედველობა გაორებული აქვს, მხედველობის ველი შევიწროებული, ზოგჯერ აღინიშნება სრული სიბრმავე. რიგ შემთხვევაში შესაძლებელია განვითარდეს თვალის კუნთების დამბლა. სწრაფი სიკვდილის შემთხვევაში არ შეინიშნება მორფოლოგიური ცვლილებები ტვინში.

CO-სადმი განსაკუთრებული მგრძნობიარობით გამოირჩევიან ახალგაზრდები და ორსულები.

მძიმედ გადააქვთ მოწამვლა ალკოჰოლიკებს, აგრეთვე ბრონქიალური ასთმით, ანემიით, ნევრასტენიით და ფილტვებით დაავადებულ პირებს. ანემიით დაავადებულ პირებში მოწამვლა ლეტალური შედეგით შეიძლება დასრულდეს, მაშინაც კი, როდესაც ჰემოგლობინის მხოლოდ 20%-ია დაკავშირებული CO-სთან. ორსულების მწვავე მოწამვლის შემთხვევაში ადგილი აქვს სისხლის მიერ კარბოქსიჰემოგლობინის გადატანას ნაყოფში. თუმცა COHb-ს გადატანა ნაყოფში მიმდინარეობს გაცილებით ნელა, ვიდრე მისი წარმოქმნა დედის ორგანიზმში.

ერთჯერადი ან განმეორებითი მოწამვლისას შესაძლოა ნაყოფი დაიღუპოს, დაიბადოს ფიზიკური ან გონებრივი ნაკლით. ჰაერში CO-ს ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია დამოკიდებულია CO-თი მოწამლულ გარემოში ყოფნის ხანგრძლივობაზე და სისხლში COHb-ს კონცენტრაციაზე.

ქრონიკული მოწამვლის შემთხვევაში სიმპტომები ვლინდება CO გარემოში მუშაობიდან 2–3 თვის შემდეგ. მოწამლულს აღენიშნება თავბრუსხვევა, დაღლილობა, თავის ტკივილი და ხმაური (შუილი) თავში, ყურადღების და მეხსიერების მოდუნება-დაქვეითება, გახდომა, მადის უქონლობა, აპათია, უსაფუძვლო შიში და მოწყენილობა, ტკივილი გულის არესა

კლინიკური სიმპტომების დამოკიდებულება პაერში CO-ს
კონცენტრაციაზე, CO-ს გარემოში ყოფნის ხანგრძლივობაზე და
სისხლში COHb-ს შემცველობაზე.

კონცენტრაცია პე/ლ	მოქმედების ხანგრძლივობა	COHb-ს შემცველობა, %	მოწამვლის სიმპტომები
1	2	3	4
0.08	8 სთ	08 - 10	მოწამვლის სიმპტომები არ არის
0.11	6.5 სთ	08 - 10	—
0.22	2.5 სთ	08 - 10	სუსტი ტოცილი მუხლის არეში
0.23	6 სთ	16 - 20	ტოცილი მუხლის არეში, წნეკის შეგრძნება მუხლის არეში, რომელიც სწრაფად ქრება სუფთა აერზე გასუნთქვის/ კანის სისხლძარღვების გაფართოება
0.23 - 0.34	5 - 6 სთ	23 - 30	თავის ტოცილი, პულსაცია სუფთა მუხლზე, თებრუსხევა
0.34	4 სთ	22 - 24	—
0.44 - 0.46	1 სთ	15 - 19	ტოცილი მუხლზე და კისრის არეში
	2 სთ	21 - 28	—
	2.5 სთ	21 - 28	—
0.46 - 0.69	4 - 5 სთ	36 - 40	ძლიერი თავის ტოცილი, სისუსტე, თებრუსხევა, ნისლი მხედველობის არეში, გულის ზოგადი გულის რეგა კოლაფსი
0.8 - 1.0	20 - 30 წთ		თავის ტოცილი, კუნთების საერთო სისუსტე, გულისრეგა შენარჩუნებულია პრობის უნარი
0.88	45 წთ		—
	2 სთ		გრძნობის დაკარგვა კოლაფსი
0.8 - 1.15	3 - 4 სთ	47 - 53	ძლიერი თავის ტოცილი, სისუსტე, თებრუსხევა, ნისლი მხედველობის არეში, პულსის გახშირება, კოლაფსი
1.35	33 წთ - 1.5 სთ		გულისცემის გახშირება, სუნთქვის მხედველობის და სუნთქვის მოშლა
	2 სთ-ს შედეგ		პულსირებული თავის ტოცილი, აზროვნების მოშლა
1.26 - 1.72	1.5 - 3 სთ	55 - 60	სუნთქვის და პულსის გახშირება კომა
1.76	2 სთ		კოლაფსი
2.3 - 3.4	5 - 10 წთ	64 - 68	თავის ტოცილი, თებრუსხევა გრძნობის დაკარგვა
	30 წთ		
3.4 - 5.7	20 - 30 წთ		სუსტი პულსი სუნთქვის შეჩერება ლეტალური შედეგით
7.04	1 - 2	73 - 76	თებრუსხევა თავის ტოცილი
	10 - 15 წთ		გრძნობის დაკარგვა
14.08	1 - 3 წთ		გრძნობის დაკარგვა ლეტალური შედეგით

და მკერდში, ნევრალგიული ტკივილები, ოფლიანობა, კანის ფერი ხდება რუხი-მონაცრისფერო, აღენიშნება კიდურების კანკალი, ხტუნვითი მოძრაობა, მეტყველების მოშლა, ჭინჭრის ციება, კუნთების ატროფია, ზოგჯერ თმების ნაადრევი გათეთრება და ცვენა.

ქრონიკული მოწამვლის შემთხვევაში გულსისხლძარღვების დაავადება გამოხატულია უფრო მძიმე ფორმით, ვიდრე მწვავე მოწამვლისას. აღინიშნება სისხლის წნევის და პულსის არითმია, სტენოკარდიული მოვლენები, ზოგჯერ მიოკარდიუმის ინფარქტი. გულის დაავადება ვლინდება მოწამულიდან 1-1,5 წლის შემდეგ (CO-სთან კონტაქტის შეწყვეტის შემთხვევაშიც კი). რიგ შემთხვევაში შეიმჩნევა ნივთიერებათა ცვლის მოშლა, სისხლში მატულობს კალციუმის, ფოსფორის, ქოლესტერინის, შაქრის შემცველობა, მხედველობის ველი შევიწროებულია.

CO-თი ქრონიკული მოწამვლა ამცირებს ინფექციური, განსაკუთრებით კი ტუბერკულოზის და ჩირქოვანი დაავადებებისადმი წინააღმდეგობის უნარს. ქრონიკული მოწამვლისას CO სისხლში გაცილებით დიდხანს რჩება (თვეების განმავლობაში), ვიდრე ერთჯერადი მწვავე მოწამვლისას (რამდენიმე დღეში). ქრონიკული მოწამვლის შემთხვევაში არ არის კანონზომიერი თანაფარდობა სისხლში COHb-ს შემცველობას, ჰაერში CO-ს შემცველობასა და კლინიკურ სიმპტომებს შორის.

ქრონიკული მოწამვლა ვლინდება ჰაერში 0,01 0,05მგ/ლ CO-ს შემცველობისას.

COHb-ს შემცველობა სისხლში მწვევლებისათვის ორჯერ მაღალია არამწვევლებთან შედარებით.

CO-ს შემცველი გარემოსადმი ორგანიზმის შეჩვევა დაფიქსირებული არ არის. შემჩნეულია მხოლოდ, რომ დაბალი კონცენტრაციის გარემოში ხანგრძლივად მყოფ პირებს უფრო ადვილად შეუძლიათ CO-თი მწვავე მოწამვლის გადატანა. CO-ს გარემოში მუშაობის შეწყვეტის შემდეგ მოწამვლის

ადვილად გადატანის უნარი იკარგება. ჩვეულებრივ პირობებში ადამიანის ორგანიზმში ყოველთვის არის CO-ს გარკვეული რაოდენობა. გულის დაავადებებისას, დიაბეტის და სილიკოზის შემთხვევაში COHb-ს კონცენტრაცია სისხლში იზრდება. დიდი ქალაქების ცენტრის ჰაერის შესუნთქვა ასევე მნიშვნელოვნად ზრდის COHb-ს შემცველობას სისხლში (22%-მდე).

CO უკავშირდება არა მარტო სისხლის ჰემოგლობინს, არამედ მასში არსებულ რკინასაც. CO უკავშირდება აგრეთვე ზოგიერთ უჯრედოვან ფერმენტში შემავალ ორვალენტთან რკინას, მიოგლობულინს, ღვიძლის ქსოვილს. რკინასთან შეკავშირებული CO ორგანიზმიდან გამოიყოფა შარდთან ერთად.

CO-ს ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში 0,02მგ/ლ-ს შეადგენს. 1 სთ-ით CO-ს გარემოში მუშაობისას დასაშვებია 0,05 მგ/ლ; 30 წთ-ით – 0,1 მგ/ლ; 15 წთ-ით – 0,2 მგ/ლ-მდე.

II ტაპი

სასამართლო-ქიმიური

ექსპერტიზა

2.1. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ზოგადი დებულებები, დოკუმენტაცია, კვლევის შედეგების შეფასება

სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევა წარმოებს მხოლოდ და მხოლოდ სასამართლოს, გამოძიების და პროკურატურის ორგანოების დავალებით. გამონაკლისს წარმოადგენს შემთხვევა, როდესაც ადამიანის გამონაყოფებისა და სხეულის შიგა ორგანოების სასამართლო-ქიმიურმა ანალიზმა შეიძლება დახმარება გაუწიოს სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტს სიკვდილის გამომწვევი მიზეზის დადგენაში. ამ შემთხვევაში ანალიზი წარმოებს სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტის დაკვეთით. სათანადოდ, მოწამელაზე ეჭვის მიტანის შემთხვევაში, შარდის, გულის ანარევი მასის, განავლის, კვების პროდუქტების ნარჩენის, სასმელის, წამლის და სხვა საეჭვო ობიექტების სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევა წარმოებს სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტის დაკვეთით, საკვლევი ობიექტის წარდგენა — სამედიცინო დაწესებულების მიერ. სასამართლო-სამედიცინო დაწესებულების მიერ სასამართლო-ქიმიურ ლაბორატორიაში გასაგზავნად გამოსაკვლევ ობიექტს თანდართულ აუცილებელ მასალასთან ერთად იგზავნება აგრეთვე სხვა ისეთი მასალები, რომლებიც ხელს შეუწყობს კვლევის მეთოდის შერჩევას, კერძოდ, დასკვნა ნივთმტკიცების შესახებ, გვამის სასამართლო-სამედიცინო გამოკვლევის აქტი, ავადმყოფობის ისტორია, დათვალიერების ოქმი და სხვ. აღნიშნული თანმხლები მასალები რიგ შემთხვევაში გადამწყვეტ როლს

ასრულებს ქიმიური ანალიზის მეთოდის შერჩევასა და კვლევის საზღვრების დადგენაში. საგამოძიებო თუ სასამართლო ორგანოების მიერ მოთხოვნების ბუნდოვნად წარმოსახვა და მათ მიერ არასრული თანმხლები დოკუმენტაციის გაგზავნა სასამართლო-ქიმიურ ექსპერტიზაზე, ხშირად გამოსაკვლევ ნიმუშის უყიარათოდ ხარჯვის მიზეზი, რიგ შემთხვევაში კი არასწორი შედეგების მიღების მიზეზი ხდება. ასე, მაგალითად, იმ შემთხვევაში, თუ სასამართლოს ან გამოძიებას აინტერესებს წყალში სისხლის კვალის არსებობა, საჭიროა გასაგზავნ ნიმუშს თან დაერთოს მოთხოვნა იმის შესახებ, შეიცავს თუ არა წყალი სისხლის კვალს, წინააღმდეგ შემთხვევაში ქიმიკოს-ექსპერტს მოუხდება ანალიზის საკმაოდ გრძელი სერიის ჩატარება, რასაც შეიძლება არ ეყოს წყლის გაგზავნილი ნიმუში.

ქიმიკოს-ექსპერტის მიერ წარმოდგენილ იურიდიულ დოკუმენტს წარმოადგენს სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის აქტი, რომელიც შედგება სამი ძირითადი ნაწილისაგან; შესავალი, აღწერითი ნაწილი და დასკვნა. შესავალში მითითებული უნდა იყოს: 1) ექსპერტიზის დაწყების და დამთავრების დრო; 2) ექსპერტიზის წარმოების საფუძველი, რომელშიც აღნიშნული უნდა იყოს თანამდევ დოკუმენტის ნომერი, თარიღი და დადგენილება სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის დანიშვნაზე; 3) ექსპერტიზის ჩატარების ადგილი (ლაბორატორიის დასახელების ჩვენებით); 4) ექსპერტიზის შემსრულებლის სახელი და გვარი; 5) ცნობა იმის შესახებ, თუ რა ნივთმტკიცება იყო წარმოდგენილი ექსპერტიზაზე და რა საქმეზე; 6) ექსპერტიზის მიზანი ან ექსპერტიზისათვის დასმული საკითხები.

აღწერითი ნაწილი გარეგნული დათვალიერებისა და ქიმიური გამოკვლევისაგან შედგება.

გარეგნულ დათვალიერებაში დაწერილებით უნდა იყოს აღწერილი ნივთმტკიცება, მისი შეფუთვა, წარწერა ქილაზე (მინის ჭურჭელზე, ყუთზე, ბუყაოს ყუთზე), ნივთმტკიცების

მორფოლოგიური ფორმა, მასა, ფერი, სუნი, მჟავიანობა, კონსერვაცია, ხოლო ქიმიური გამოკვლევის ნაწილში — კვლევისათვის გამოყენებული მეთოდიკა, ნივთმტკიცების კვლევის და კვლევის შედეგების დამუშავების ტექნიკა. ქიმიური გამოკვლევის თავის აღწერისას სავალდებულოა გამოკვლევის ყოველ ოპერაციაზე დახარჯული ნივთმტკიცების რაოდენობის ჩვენება; დაწვრილებით უნდა იყოს აღწერილი სასამართლო-ქიმიური ანალიზის მოქმედი მსკლულობა, კერძოდ, შხამიანი და ძლიერმოქმედი ნივთიერების იზოლირების და აღმოჩენის მეთოდი და გამოკვლევის პროცესის მიმდინარეობისას გამოვლენილი მოვლენები (ფერი, ნალექი, კრისტალების წარმოქმნა, აირის გამოყოფა სუნი და სხვ.). კვლევის შედეგების აღწერისას ქიმიკოსმა არ უნდა იხმაროს გამოთქმები. „მიღებულია დადებითი რეაქცია“, „რეაქციის შედეგი უარყოფითია“, „მარილმჟავათი დამუშავებამ უჩვენა ვერცხლის არსებობა“ და ა. შ. არ უნდა მიეთითოს ამა თუ იმ გამოყენებული მეთოდის ავტორი. მოყვანილი არ უნდა იყოს ფორმულები და რეაქციის განტოლებები. შხამიანი და ძლიერმოქმედი ნივთიერებების რაოდენობრივი ანალიზი აქტში ისე უნდა იყოს აღწერილი, რომ აღწერილი მეთოდი და ანგარიში განსაზღვრის სისწორეზე მსჯელობის საშუალებას იძლეოდეს.

სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის აქტი უნდა იყოს დანომრილი (აქტის მარჯვენა ზედა კუთხეში) და ხელმოწერილი ქიმიკოსის მიერ. აქტის ასლი ეგზავნება დამკვეთ ორგანიზაციას. წინასწარ გამზადებულ ბლანკებზე (მაგალითად, ანკეტური ტიპის) აქტის დაწერა დაუშვებელია. აქტი უნდა შეივსოს, დაიწეროს ფაქიზად, ყოველგვარი შესწორება, ჩანამატი და ხაზგადასმული ადგილები უნდა იყოს ქიმიკოსის ხელმოწერით.

საჭიროა სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის აქტზე, შეძლებისდაგვარად, დაერთოს ქიმიკოსის მიერ გაკეთებული დასკვნების მამტკიცებელი (მაგალითად, მიღებული კრი-

სტალების, რეაქციის პროდუქტების თუ დანალექის მიკროფოტოები).

სრულდება სრული ან ნაწილობრივი სასამართლო-ქიმიური ანალიზი. სრული ქიმიური ანალიზის დროს აუცილებელია კვლევის ობიექტი შემოწმდეს ყველა ჯგუფის შხამიან და ძლიერმოქმედ ნივთიერებაზე და შესრულდეს მათი რაოდენობრივი განსაზღვრა. იმ შემთხვევაში, თუ ქიმიკოს-ექსპერტს წინადადება ეძლევა აწარმოოს გამოკვლევა შხამიანი ნივთიერებების შემცველობაზე, იგი ასრულებს სრულ სასამართლო ქიმიურ ანალიზს. ნაწილობრივი ქიმიური ანალიზი სრულდება ობიექტის საანალიზოდ წარმომდგენი ორგანოს სპეციალური მითითებით.

2.2. სასამართლო-ქიმიურ ანალიზში გამოყენებული რეაქტივები და მათზე წაყენებული მოთხოვნები

ქიმიკოს-ექსპერტის მიერ ექსპერტული ანალიზის წარმოება მეტად საპასუხისმგებლოა. იგი ვალდებულია გაითვალისწინოს ანალიზისთვის გამოყენებულ რეაქტივებში, ქიმიურ ჭურჭელსა თუ მოწყობილობაში არსებული მინარევების გავლენა ანალიზის შედეგებზე. ქიმიური ჭურჭლის შემოწმება სისუფთავეზე და საჭიროების შემთხვევაში მათი გარეცხვა-გასუფთავება შედარებით ადვილია. გაცილებით რთულად გვაქვს საქმე ანალიზისათვის გამოყენებული რეაქტივების შემთხვევაში.

ანალიზისათვის გამოყენებული ქიმიური რეაქტივები კვალიფიციირდება როგორც „სუფთა“, „ანალიზისათვის სუფთა“, „განსაკუთრებით სუფთა“ და „ქიმიურად სუფთა“ ნივთიერებები. მათგან ყველაზე მაღალი კლასის სისუფთავით გამ-

ოირჩევა „ქიმიურად სუფთა“ რეაქტივები. თუმცა ისინიც შეიძლება მინარევების სახით შეიცავდნენ ლითონებს (Pb, Mn, Zn.) სხვადასხვა ფორმით, დარიშხანის ნაერთებს და სხვ., რომლებმაც შეიძლება გავლენა მოახდინონ სასამართლო-ქიმიური ანალიზის შედეგებზე.

სასამართლო-ქიმიისათვის სუფთა რეაქტივები პრაქტიკულად არ იწარმოება, თუნდაც იმიტომ, რომ ცნება „სასამართლო-ქიმიისათვის სუფთა“ პირობითია და აღნიშნული მარკის რეაქტივის ვარგისობა დამოკიდებულია იმ ნივთიერებების გვარობაზე, რომელთა აღმოჩენის ან არაღმოჩენის დადასტურებასაც ითხოვს სასამართლო საკვლევ ობიექტში. ამდენად, აღნიშნულ რეაქტივზე მითითებული წარწერა: „სუფთა“, „ანალიზისათვის სუფთა“ ან თუნდაც „სასამართლო ქიმიისათვის სუფთა“ საორიენტაციო ხასიათს ატარებს ქიმიკოს-ექსპერტისათვის და საჭიროა ყოველთვის სასამართლო-ქიმიური ანალიზის შესრულებისათვის მისი ვარგისობის შემოწმება. სასამართლო ქიმიისათვის სუფთად ჩაითვლება ანალიზისათვის განკუთვნილი ის რეაქტივი, რომელიც მინარევის სახით არ შეიცავს ქიმიკოს-ექსპერტის მიერ საკვლევ ობიექტში საძიებო ნივთიერებას. შემოწმებისას სავალდებულოა ორი ძირითადი პირობის დაცვა: 1) გამოსაკვლევად აღებული რეაქტივის რაოდენობა არ უნდა იყოს საკვლევი ობიექტის ანალიზისათვის საჭირო რეაქტივის რაოდენობაზე ნაკლები; 2) რეაქტივში ამა თუ იმ ნივთიერების არარსებობის დადგენა უნდა ხდებოდეს საკვლევ ობიექტში იმავე ნივთიერების აღმოსაჩენად განკუთვნილი ანალიზის მეთოდით.

შემოწმებაზე დიდი რაოდენობით რეაქტივის ხარჯვის თავიდან აცილების მიზნით ზოგჯერ წარმოებს მისი მცირე რაოდენობის წინასწარი გამოკვლევა, ასე, მაგალითად, მჟავების წინასწარ გამოსაკვლევად საკმარისია 20 მლ მოცულობის ხსნარი ძირითად გამოკვლევაზე განკუთვნილი 200–300 მლ-ის ნაცვლად. თუ რეაქტივმა გაუძლო წინასწარ

შემოწმებას, წარმოებს მისი ვარგისობის შემოწმება დიდ რაოდენობაზე. დადებითი შედეგის შემთხვევაში კი რეაქტივის ლაბორატორიაში იყენებენ სხვა მიზნებისათვის.

სასამართლო-ქიმიურ ანალიზში გამოყენებული ყველა რეაქტივი მოხერხებულობისათვის შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად: გამხსნელები, ტუტეები, მარილები და თავისუფალი ლითონები.

2.2.1 წყალი H_2O

გამხსნელებიდან ლაბორატორიაში ყველაზე დიდი რაოდენობით იხარჯება გამოხდილი წყალი, ასე, მაგალითად, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ გარეცხილი ჭურჭლის და ხელსაწყოების გამოვლებაზე დახარჯული გამოხდილი წყლის რაოდენობას, გამოსაკვლევ ობიექტში მარტო მძიმე ლითონების და ღარიშხანის აღმოჩენაზე იხარჯება 2000 მლ-მდე გამოხდილი წყალი.

მიღების ხერხის მიხედვით გამოხდილი წყალი შეიძლება შეიცავდეს მძიმე ლითონთა იონებს (Pb^{2+} , Sn^{2+} , Cu^{2+}), ქლორიდებს და სულფატებს, ორგანულ ნივთიერებათა კვალს, ნახშირმჟავას, ზოგჯერ კი გოგირდწყალბადს. მძიმე ლითონები კვალის სახით წყალში შეიძლება გადავიდეს გამოსახდელი აპარატის და მაცივრის მასალიდან; ქლორიდები და სულფატები – გამოხდის პროცესში წყლის მძაფრი დუღილის შედეგად; ორგანული ნივთიერებები – გამოსახდელად აღებული წყლის მიერ ჰაერში არსებული მტკვრის აბსორბციის გზით.

სასამართლო-ქიმიური ანალიზისათვის განკუთვნილი გამოხდილი წყალი უნდა ხასიათდებოდეს ნეიტრალური რეაქციით; არ უნდა რეაგირებდეს მძიმე ლითონების (Pb^{2+} , Sn^{2+} , Cu^{2+}), ქლორიდების (Cl^-) და სულფატიონების (SO_4^{2-}) შემცველობაზე; არ უნდა შეიცავდეს ნახშირმჟავას და ორ-

განულ მინარეებს.

სასამართლო-ქიმიური ანალიზისათვის განკუთვნილი გამოხდილი წყალი უნდა მზადდებოდეს ორჯერადი გამოხდის გზით.

გამოხდილი წყლის ვარგისობის შემოწმება წარმოებს შემდეგნაირად: 2 ლ წყალს აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე 20 მლ-მდე. მტვრის ნაწილაკებისაგან დაცვის მიზნით ამორთქლებელი აპარატის ყელი დახურული უნდა იყოს გადმობრუნებული ძაბრით. მიღებულ კონცენტრატს ყოფენ ორ ნაწილად. ერთ მათგანს ამატებენ ბარიუმის ქლორიდის ან ნიტრატის შემჟავებულ ხსნარს, მეორეს — გერცხლის ნიტრატის ხსნარს. გამოხდილი წყალი ვარგისად ჩაითვლება თუ არც ერთ და არც მეორე შემთხვევაში არ მივიღებთ ხსნარის შემღვრევას ან ნალექს. იმისათვის, რომ გამოხდილი წყალი არ შეიცავდეს ორგანულ ნივთიერებათა მინარეებს, გამოსახდელ წყალს, მის ორთქლს და მიღებულ კონდენსატს შეხება არ უნდა ჰქონდეს რეზინის და კაუჩუკის მასალებთან (საცობი, მილი და სხვ.).

გამოხდილი წყალი უნდა ინახებოდეს მიხეხილოთიან ჭურჭელში; მიზანშეწონილი არ არის მისი ხანგრძლივად შენახვა ლაბორატორიაში. გამოხდილი წყლიდან CO_2 -ის გამოსადევნად საკმარისია მისი წამოდულება, პერიოდულად კი მისთვის განკუთვნილი ჭურჭლის გარეცხვა.

2.2.2. გოგირდმჟავა H_2SO_4

გოგირდმჟავა (H_2SO_4) ქიმიურ კრიმინალისტიკაში გამოიყენება როგორც მონოპიდრატი (პირობითად 98,3%-იანი), ისე მისი წყალხსნარები მასური თანაფარდობით 1:3; 1:8, 10%-იანი და სხვ. ძირითადად გამოყენებულია დარიშხანის და ლითონების (Hg, Pb, Ba და სხვ.) ბიომასალაში აღმოჩენისა

და რაოდენობრივი განსაზღვრის მიზნით.

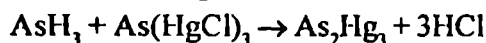
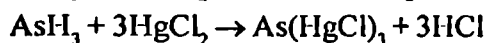
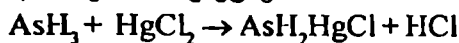
მიღების ხერხისა და გამოყენებული ნედლეულის მიხედვით გოგირდმჟავა შეიძლება მინარევების სახით შეიცავდეს აზოტისა და აზოტოვან მჟავებს, ტყვიას, დარიშხანს, სელენს. გოგირდმჟავაში მათმა შემცველობამ შეიძლება უარყოფითი ასახვა პოვოს სასამართლო-ქიმიური ანალიზის შედეგებში და ამით გააყალბოს საანალიზოდ აღებული ნიმუშის შედგენილობა. ამასთან რკინის, ქლორის, ნატრიუმის იონების და გოგირდის დიოქსიდის კვალის არსებობას გოგირდმჟავაში დიდი მნიშვნელობა არ აქვს ანალიზის წარმოებისას. გოგირდმჟავას სრული გასუფთავება სასამართლო-ქიმიური ლაბორატორიის პირობებში პრაქტიკულად შეუძლებელია, რის გამოც უმჯობესია ისეთი მჟავას შეძენა, რომელიც დააკმაყოფილებს სასამართლო-ქიმიური ანალიზისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს.

ანალიზისათვის გათვალისწინებული გოგირდმჟავა ლაბორატორიაში უნდა ინახებოდეს მინის ან პოლიეთილენის ჭურჭლით. მინის ტარის გამოყენების შემთხვევაში მჟავამ შესაძლოა გახსნას მინაში არსებული დარიშხანი, ამიტომ საჭიროა არა მარტო ლაბორატორიაში ახლად მიღებული გოგირდმჟავას შემოწმება დარიშხანის შემცველობაზე არამედ პერიოდულად (წელიწადში ერთ-ორჯერ) ლაბორატორიაში არსებული მჟავასიც.

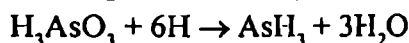
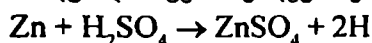
ანალიზისათვის განკუთვნილი გოგირდმჟავა მოწმდება დარიშხანის, სელენის ტყვიის და აზოტის ოქსიდების შემცველობაზე.

კონცენტრირებული გოგირდმჟავას გამოკვლევა დარიშხანის შემცველობაზე. გამოკვლევა წარმოებს მარშის მეთოდით. მეთოდი დამყარებულია სამვალენტიანი დარიშხანის თვისებაზე, ვერცხლისწყლის ქლორიდთან ან ბრომიდთან წარმოქმნას შურა წითელი ან ყვითელი ფერის ნაერთები $As(HgCl)_3$ -ის და As_2Hg_3 -ის სახით. აღნიშნული ნაერთების

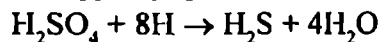
წარმოქმნა მიმდინარეობს რეაქციებით:



ვინაიდან ღარიშხანი გოგირდმჟავაში იმყოფება ღარიშხანოვანმჟავას (H_3AsO_3) სახით, საჭიროა წინასწარ მისი გადაყვანა ღარიშხანოვან წყალბადში (არსინში). ამ მიზნით სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზისათვის იყენებენ სუფთა კუპირიერებულ თუთიას. თუთიის მოთავსებით ღარიშხანშემცველ გოგირდმჟავაში აღგილი აქვს შემდეგ რეაქციებს:

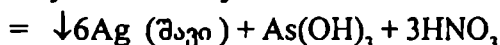
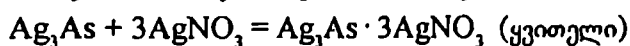
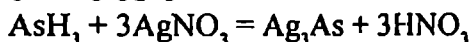


თუთიასა და განზავებულ გოგირდმჟავას შორის რეაქციის ინტენსიურად განხორციელების შემთხვევაში შესაძლებელია გოგირდმჟავას აღდგენა გოგირდწყალბადამდე რეაქციით



ეს უკანასკნელი ხელს უშლის ღარიშხანის განსაზღვრას, ამიტომ საჭიროა ღარიშხანოვანი ანჰიდრიდის წინასწარი გაწმენდა ტყვიის აცეტატის დახმარებით.

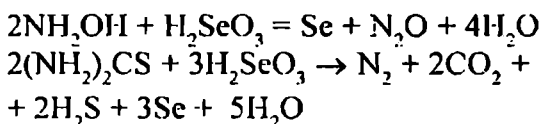
გოგირდმჟავაში ღარიშხანის არსებობაზე წინასწარი გამოკვლევისათვის HgCl_2 -ის ან HgBr_2 -ის ნაცულად შეიძლება გამოვიყენოთ ვერცხლის ნიტრატი ან მისი წყალხსნარი. გოგირდმჟავას ხსნარში ღარიშხანის არსებობის შემთხვევაში აღგილი ექნება რეაქციებს:



უარყოფითი რეაქციის შემთხვევაში გოგირდმჟავას

გამოკვლევა ხდება მარშის მეთოდით. ექსპერტიზისათვის სუფთა რეაქტივად ჩაითვლება მჟავა, რომელიც გაუძლებს მარშის მეთოდით გამოცდას და უარყოფით რეაქციას მისცემს დარიშხანის შემცველობაზე.

მჟავას გამოკვლევა სელენის შემცველობაზე. საკვლევ მჟავაში სელენის ნაერთების არსებობისას ფერხდება AsH_3 -ის წარმოქმნის პროცესი, რაც უარყოფითად აისახება მჟავაში დარიშხანის შემცველობაზე გამოკვლევის პროცესზე, ამიტომ საჭიროა საკვლევი მჟავა წინასწარ შემოწმდეს სელენზე. სელენის შემცველობაზე შემოწმება დაფუძნებულია ჰიდროქსილამინით ან თიოკარბამიდით სელენოვანი მჟავას თავისუფალ სელენამდე აღდგენის უნარზე რეაქციებით:



ხსნარის შეფერვა წითლად ან წითელი ფერის ნალექის წარმოქმნა მიუთითებს გოგირდმჟავაში სელენის არსებობაზე.

მჟავას გამოკვლევა ტყვიის შემცველობაზე. გოგირდმჟავაში ტყვია შესაძლებელია არსებობდეს სულფატის ($PbSO_4$) სახით. კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში $PbSO_4$ ხსნადია, მაგრამ სპირტხსნარებში მისი ხსნადობა მკვეთრად ეცემა. სათანადოდ, ტყვიის არსებობა მოწმდება გოგირდმჟავა სპირტხსნარის მომზადებით 1:3 მოცულობითი თანაფარდობით. 24-საათიანი დაყოვნებისას თეთრი ნალექის ან სიმღვრივის წარმოქმნა ხსნარში მიუთითებს ტყვიის არსებობაზე გოგირდმჟავაში.

ტყვიის არსებობა გოგირდმჟავაში შესაძლებელია შემოწმდეს აგრეთვე გოგირდწყალბადით. ამ მიზნით 1:8 მოც. თანაფარდობით განზავებულ გოგირდმჟავას აჯერებენ

გოგირდწყალბადით. 24-საათიანი დაყოვნებისას ხსნარში სიმღვრივის ან შავი ნალექის წარმოქმნა, გოგირდმჟავაში ტყვიის არსებობაზე მიუთითებს.

2.2.3. აზოტმჟავა HNO_3

აზოტმჟავას ფართოდ იყენებენ სასამართლო-ქიმიურ ანალიზში (გამოსაკვლევი ბიომასალის მინერალიზაცია, ანალიზისას ხსნარის შემჟავება, ლითონის გახსნა და სხვ.). გამოყენებულია როგორც კონცენტრირებული აზოტმჟავა, ისე მისი წყალხსნარი. მიღების ხერხის მიხედვით, აზოტმჟავა მინარევების სახით შეიძლება შეიცავდეს დარიშხანის ნაერთებს, აზოტის ოქსიდებს, Cl , SO_4 , Pb^{+2} , Fe^{+3} , Cr^{+2} იონებს. მათი არსებობა მჟავაში შეიძლება აისახოს სასამართლო-ქიმიური კვლევის შედეგებში. აზოტმჟავა ლაბორატორიაში უნდა ინახებოდეს მზის პირდაპირი სხივებისაგან იზოლირებულ გრილ ადგილზე, მიხეზილთავიან ბინის ჭურჭელში. ზანგრძლივი დროის მანძილზე შენახვისას მოსალოდნელია მინიდან დარიშხანის გადასვლა მჟავაში, რის გამოც საჭიროა არა მხოლოდ მჟავას ახლად მიღებული პარტიის შემოწმება სისუფთავეზე, არამედ – ლაბორატორიაში შესანახად არსებული მჟავისაც პერიოდულად, წელიწადში ერთ-ორჯერ.

სასამართლო ქიმიური ანალიზისათვის განკუთვნილი აზოტმჟავა მოწმდება ტყვიის, დარიშხანის, ქლორის და სულფატიონების შემცველობაზე. გამოსაკვლევად აღებული გარკვეული რაოდენობის კონცენტრირებულ აზოტმჟავას ააორთქლებენ წყლის აბაზანაზე; მიღებულ მშრალ ნაშთს უმატებენ 2–5 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას, შემდეგ – ასეთივე რაოდენობის გამოხდილ წყალს. მიღებული ხსნარი მოწმდება აზოტის ოქსიდების შემცველობაზე. უარყოფითი შედეგის მიღებისას ხსნარს ყოფენ ორ ნაწილად, ერთი ნაწილი

მოწმდება დარიშხანის შემცველობაზე ზემოთ აღწერილი მეთოდით, ხოლო მეორე ტყვიის შემცველობაზე.

მეყავას შემოწმება ქლორისა და სულფატიონების შემცველობაზე წარმოებს შესაბამისად ვერცხლის და ბრომის იონების შემცველი ხსნარებით.

2.2.4. ტუტეები და ტუტე ლითონთა ნაერთები

სასამართლო-ქიმიურ ექსპერტიზაში ტუტეებიდან და ტუტე ხსნარებიდან უფრო ხშირად გამოიყენება ამიაკის წყალხსნარი (ამონიუმის ჰიდროქსიდი) და ამონიუმის სულფიდი, ნატრიუმის და კალიუმის ჰიდროქსიდები და კარბონატები, ნატრიუმის და ამონიუმის ნიტრატები, კალიუმის ქლორატი (ბერთოლეს მარილი) KClO_3 .

ამიაკის წყალხსნარი (ამონიუმის ჰიდროქსიდი)
 NH_4OH

ტუტეებიდან განსაკუთრებით ხშირად გამოიყენება ამიაკის 25%-იანი და 10%-იანი წყალხსნარები. ამიაკი გამოიყენება ორგანული ნაერთების დაშლის შედეგად მიღებული ხსნარების გასანეიტრალებლად, ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვან ზოგიერთ ლითონთა დასალექად ჰიდროქსიდების სახით, არაორგანული და ორგანული ნაერთების კომპლექსნაერთებში გადასაყვანად და სხვ.

მიღების ხერხის მიხედვით ამიაკის წყალხსნარში მოსალოდნელია გვექნდეს Pb^{+2} -ის, Fe^{2+} -ის, Fe^{3+} -ის, Ca^{2+} -ის კატიონები, Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} -ის ანიონები, ორგანული

ნაერთები (პირიდინი და სხვ.), დარიშხანის ნაერთები, ციანიდები და როდანიდები. სასამართლო-ქიმიური ანალიზისათვის განკუთვნილი ამიაკიანი წყალი არ უნდა შეიცავდეს მძიმე ლითონების და დარიშხანის ნაერთებს, ფუძე თვისებების მქონე ორგანულ ნაერთებს, ანიონებს: CN^- , NCS^- , Cl^- , SO_4^{2-} .

ამონიუმის ჰიდროქსიდის სისუფთავე დარიშხანის და მძიმე ლითონების შემცველობაზე წარმოებს ისევე, როგორც აზოტმყავას შემთხვევაში.

რკინის იონების შემცველობაზე აზოტმყავას ამოწმებენ კალიუმის ფერიციანიდის ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) ხსნარით. ლურჯი შეფერილობის ან ნალექის წარმოქმნა მიუთითებს ამიაკიან წყალში Fe^{2+} - იონების არსებობაზე. CN^- იონების შემცველობაზე შემოწმებას აწარმოებენ ორვალენტიანი რკინის სულფატის 10%-იანი ხსნარით, ხოლო NCS^- იონების შემოწმებას — FeCl_3 -ის 10%-იანი ხსნარით.

ამონიუმის ჰიდროქსიდის შემოწმება ქლორისა და სულფატიონების შემცველობაზე წარმოებს შესაბამისად ვერცხლის და ბარიუმის იონების შემცველი ხსნარებით. ამიაკიანი წყალი ლაბორატორიაში უნდა ინახებოდეს მინის მიხეხილ სახურავიან ჭურჭელში გამხურებელი ხელსაწყოებისაგან მოშორებით.

ამიაკიანი წყლის ორგანული ნაერთებისაგან გასუფთავებას ახდენენ KMnO_4 -ის 1–2%-იან ხსნართან მისი შერევით და გამოხდით: მიღებული აირადი ამიაკი, გამოხდილი ყინულოვანი წყლით აბსორბციაზე, საჭიროა გაირეცხოს მწვავე ნატრიუმის კონცენტრირებული ხსნარით ამიაკში სავარაუდოდ არსებული CO_2 -ის მოცილების მიზნით.

ამიაკიანი წყლის დარიშხანისაგან გასაწმენდად გამოიყენება რკინა-ამონიუმის შაბის 22%-იანი ხსნარიდან ამიაკით დალექილი რკინის ჰიდროქსიდი.

ნატრიუმის ჰიდროქსიდი NaOH

ნატრიუმის ჰიდროქსიდს ფართოდ იყენებენ სასამართლო-ქიმიური ანალიზის დროს. შედარებით ნაკლებად გამოიყენება მწვავე კალიუმი KOH. მწვავე ნატრიუმს და მწვავე კალიუმს წაყენებათ ერთნაირი მოთხოვნები, ამიტომ მწვავე ნატრიუმის გამოკვლევის და შენახვის პირობები ვრცელდება მწვავე კალიუმზეც.

დამზადების წესისა და შენახვის პირობების მიხედვით, მწვავე ტუტეები შესაძლებელია შეიცავდნენ დარიშხანს. დარიშხანის ნაერთების შემცველობა განსაკუთრებით მოსალოდნელია მწვავე ტუტის ხსნარის ხანგრძლივი შენახვისას მინის ჭურჭელში.

სასამართლო-ქიმიური ანალიზისათვის ვარგისად ითვლება მწვავე ტუტე, თუ იგი არ შეიცავს დარიშხანს, მძიმე ლითონებს, ქლორიონებს და სულფატიონებს.

დარიშხანის და ლითონების შემცველობაზე შემოწმება წარმოებს შესაბამისად ვერცხლისწყლის ჰალოგენიდით და გოგირდწყალბადით, იმ განსხვავებით, რომ გამოსაკვლევი ტუტის 10 გ-ს წინასწარ ხსნიან 20 მლ გამოხდილ წყალში, რომელსაც შემდეგ შეამჟავებენ სასამართლო-ქიმიური ანალიზისათვის სუფთა გოგირდმჟავათი.

ქლორიდ-იონების (Cl^-) და სულფატ-იონების (SO_4^{2-}) შემცველობაზე მწვავე ტუტეების შესამოწმებლად მზადდება 10%-იანი ხსნარი. შემოწმება წარმოებს ვერცხლისა და ბარიუმის იონების შემცველი ხსნარებით.

კარბონატები Na_2CO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, K_2CO_3

სასამართლო ქიმიური ანალიზისათვის გამოყენებული კარბონატები (ნატრიუმის, კალიუმის და ამონიუმის) არ უნდა შეიცავდნენ დარიშხანის ნაერთებს და მძიმე ლითონთა მარილებს. აღნიშნული მარილები ძირითადად გამოყენებულია

დარიშხანის არსებობის დასადგენად საანალიზოდ შემოსულ მასალაში. ამიტომ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა გამახვილდეს კარბონატებში დარიშხანის არსებობაზე. შესამოწმებლად აღებული მარილის გარკვეულ რაოდენობას ხსნიან განზავებულ გოგირდმჟავაში და აცხელებენ SO_3 -ის ორთქლის გამოყოფამდე. ნაერთებს ხსნიან დისტილირებულ წყალში და მიღებულ ხსნარს დარიშხანის და სხვა ლითონების შემცველობაზე ამოწმებენ ზემოთ აღწერილი მეთოდით.

ნატრიუმისა და ამონიუმის ნიტრატები NaNO_3 და NH_4NO_3

სასამართლო-ქიმიურ ანალიზში ნიტრატები გამოიყენება დარიშხანისა და მძიმე ლითონების იზოლირებისათვის, ამიტომ საჭიროა გამოყენებამდე მათი შემოწმება აღნიშნული ნაერთების არსებობაზე. შემოწმება წარმოებს კარბონატების შემოწმების მსგავსად, იმ განსხვავებით, რომ უკანასკნელ შემთხვევაში საჭიროა აორთქლება გაგრძელდეს ხსნარიდან აზოტის ოქსიდების სრულ მოცილებამდე.

2.2.5. ეთილის სპირტი

ეთილის სპირტი მნიშვნელოვანი რაოდენობით იხარჯება ბიოლოგიური წარმოშობის ობიექტიდან ალკალოიდების და ფუძე თვისებების მქონე სინთეზური ნივთიერებების იზოლირებისთვის. გამოიყენება აგრეთვე ზოგიერთი ინდიკატორის, მჟაუნმჟავასა და ღვინომჟავას სპირტხსნარების მოსამზადებლად. ძირითადად გამოიყენება 96%-იანი და იშვიათად აბსოლუტური სპირტი.

რეაქტიული ეთილის სპირტი შეიძლება გარკვეული

რაოდენობით შეიცავდეს ალდეჰიდებს (მაგალითად, ძმარმჟავაალდეჰიდს), მთრიმლავ ნივთიერებებს, ქლორიდებს, სულფიტებს, მძიმე ლითონთა ნაერთებს, რახის ზეთებს და სხვ.

სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზისათვის ვარგისად ითვლება ეთილის სპირტი, თუ იგი არ შეიცავს მთრიმლავ ნივთიერებებს და ორგანულ ფუძეებს. ექსპერტიზისათვის ხელშემშლელ ფაქტორებად არ ითვლება სულფატიონების, ქლორიდების და მძიმე ლითონების შემცველობა ეთილის სპირტში.

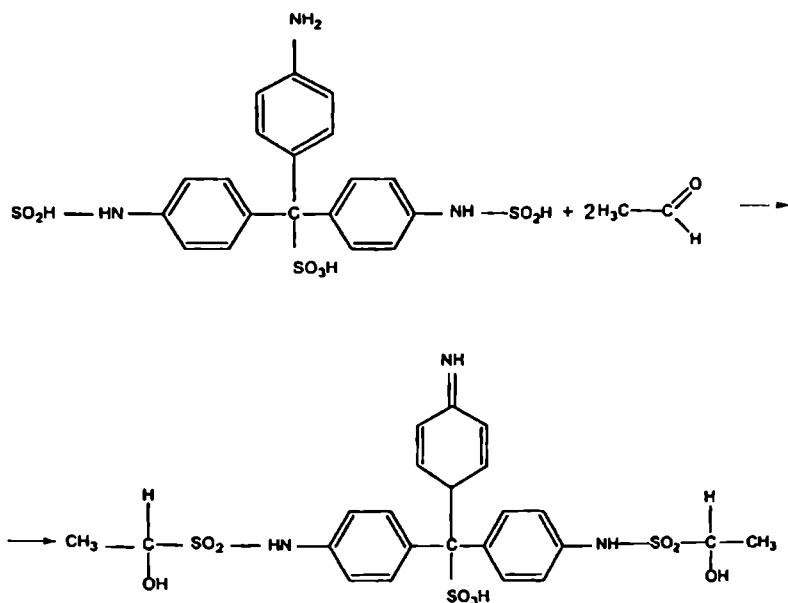
ეთილის სპირტის გამოკვლევა ანალიზისათვის ვარგისობაზე. მთრიმლავი ნივთიერებების შემცველობაზე შემოწმების მიზნით იღებენ 10 მლ გამოსაკვლევ სპირტს, უმატებენ ამიაკის 10%-იანი ხსნარის რამდენიმე წვეთს, ანჯღრევენ და აყოვნებენ რამდენიმე წუთს. ხსნარის მიერ შეფერილობის მიღება მიუთითებს მთრიმლავი ნივთიერების არსებობაზე ეთილის სპირტში.

ეთილის სპირტში ორგანული ფუძეების არსებობის გამორიცხვის მიზნით იღებენ საკვლევ სპირტის 10 მლ-ს; შეამჟავებენ 2 მლ განზავებული ($1/3$) გოგირდმჟავით და აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე სიმშრალემდე. ნაშთს სხნიან 0,5 მლ გამოხდილ წყალში შემდეგ ამატებენ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 40%-იანი ხსნარის 1 მლ-ს; მიღებული ხსნარის მსუბუქი გაცხელებით ამიაკის და პირიდინის ნაერთების სუნის შეგრძნება მიუთითებს სპირტში ორგანული ფუძეების არსებობაზე.

რეაქტიული ეთილის სპირტი თითქმის ყოველთვის შეიცავს ძმარმჟავაალდეჰიდს. შემოწმებას ახდენენ ფუქსინოგოგირდოვანმჟავას მეშვეობით. ამ მიზნით იღებენ ეთილის სპირტის 10 მლ-ს, უმატებენ რეაქტივის* 2 მლ-ს

* ფუქსინოგოგირდოვანმჟავას რეაქტივის მოზადება: 0,2 გ სუფთა ფუქსინს ხსნიან 120 მლ ცხელ წყალში; გაციების შემდეგ უმატებენ ნატრიუმის ბისულფიტის 23%-იანი ხსნარის 20 მლ-ს და მარილმჟავას 36%-იანი ხსნარის 4 მლ-ს.

და ამოწმებენ ხსნარის pH-ს. საჭიროების შემთხვევაში ხსნარს წვეთ-წვეთობით ამატებენ NaOH-ის 5%-იან ხსნარს ისეთი რაოდენობით, რომ მჟავიანობა დარჩეს არანაკლებ 2,7-ის ტოლი. მიღებულ ნარევს ანჯღრევენ 0,5 წთ-ის განმავლობაში და აყოვნებენ 1-2 წთ-ს. ხსნარში აცეტალდეჰიდის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს რეაქციას:



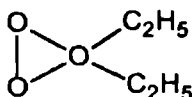
მიღებული ნაერთი ხსნარს აძლევს იისფერ ან მოწითალო-იისფერ შეფერილობას. დადებითი რეაქციის შემთხვევაში აზღენენ ეთილის სპირტის გაწმენდას ნატრიუმის ჰიდროქსიდის მეშვეობით. მეთოდი დამყარებულია ტუტე გარემოში ალდეჰიდების გაფისვის უნარზე. ამ მიზნით ეთილის სპირტს ამატებენ მწვავე ნატრიუმს ძლიერი ტუტე გარემოს (pH-10) შექმნამდე და აყოვნებენ 2-3 დღის განმავლობაში; შემდეგ

ახდენენ მის ორჯერად გამოხდას.*

2.2.6. დიეთილეთერი ($C_2H_5)_2O$

სასამართლო-ქიმიურ ექსპერტიზაში დიეთილეთერი გამოიყენება, როგორც გამხსნელი მრავალი ორგანული ნაერთის (ფენოლის, ანილინის, იზოამილის სპირტის, ნიტრობენზოლის და სხვ.) ამოსაწვლილად დისტილატიდან. დიეთილეთერი გამოიყენება აგრეთვე ბარბიტურატების იზოლირებისათვის.

დიეთილეთერი მინარევების სახით შეიძლება შეიცავდეს ძმრის ალდეჰიდს და ზეჟანგებს. ზეჟანგების არსებობა შეიძლება განპირობებული იყოს მიღების გზებით ან შენახვის პირობებით. კერძოდ, სინათლის სხივებზე დიეთილეთერი ადვილად იჟანგება და გადადის ზეჟანგში:



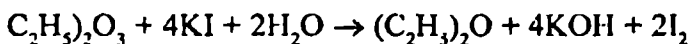
ტოქსიკოლოგიური ნივთიერების იზოლირებას ან მის ამოწვლილვას დისტილატიდან ხელს არ უშლის დიეთილეთერის ზეჟანგი, მაგრამ იგი მეტად არამდგრადია და ანალიზისას მისი უმნიშვნელო შეთბობაც კი შეიძლება აფეთქების მიზეზი გახდეს.

ლაბორატორიაში მიღებული ეთერის შემოწმება ზეჟანგის შემცველობაზე წარმოებს იოდსახამებლის ხსნარით ან კალიუმის იოდიდით.

შესამოწმებლად იღებენ ეთერის 20—25 მლ-ს, ამატებენ

* აცეტალდეჰიდის მოცილება ეთილის სპირტისაგან საკმაოდ ძნელია, ამიტომ საჭიროა ოდნავი გამოხდით მიღებული დისტილატის ხელახალი შემოწმება აცეტალდეჰიდის შემცველობაზე.

ახლად მომზადებული იოდსახამებლის* ხსნარის 1 მლ-ს და ანჯღრევენ 1-2 წთ-ის განმავლობაში. ეთერის ზეჟანგის არსებობის შემთხვევაში აღვილი აქვს რეაქციას



მუქი ლურჯი შეფერილობის მიღება მიუთითებს ხსნარში ეთერის ზეჟანგის არსებობაზე. KI-ის 10%-იან ხსნართან ეთერის ანალოგიური შენჯღრევით, ზეჟანგის არსებობის შემთხვევაში, ხსნარი იღებს ღია ყვითელ შეფერილობას.

2.2.7. ღლითონები

სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზისათვის ხშირად იყენებენ თუთიას. ქიმიურად სუფთად წოდებული სასაქონლო თუთია ხშირად მინარევის სახით შეიცავს დარიშხანს. თუთიის შემოწმება დარიშხანის შემცველობაზე წარმოებს მჟავების შემოწმების ანალოგიურად.

განხილული რეაქტივების გარდა, სასამართლო-ქიმიურ ექსპერტიზაში მომუშავე ქიმიკოსს საქმე აქვს მრავალ ქიმიურ ნაერთთან, რომელთა გამოყენება აუცილებელი ხდება ამა თუ იმ ანალიზის მსვლელობისას. ანალიზისათვის გამოსაყენებელი რეაქტივის მიღების მეთოდისა და შენახვის პირობებზე დაყრდნობით ექსპერტმა უნდა შეძლოს პირველადი დასკვნების გამოტანა ამა თუ იმ არასასურველი მინარევის არსებობა-არარსებობის შესახებ და სათანადო მეთოდიკის შემუშავება რეაქტივში მისი აღმოჩენის მიზნით.

*იოდსახამებლის ხსნარის მომზადება იღებენ სუფრის მარილის ნაეკერი ხსნარის 90 მლ-ს, უმატებენ კალიუმის იოდიდის 10გ-ს, სახამებლის - 5გ-ს და მინის წყარით მუდმივი არევის პირობებში აცხელებენ გამჭვირვალე ფერის მიღესამდე.

სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის სპეციალისტს ყოველთვის უნდა ახსოვდეს, რომ გამოყენებული რეაქტივები, ქიმიური ჭურჭელი და აპარატურა თავისუფალი უნდა იყოს იმ ნივთიერებებისაგან, რომელთა აღმოჩენის ან არარსებობის დამტკიცებასაც ემსახურებიან ისინი.

2.3. ბიომასალის გამოკვლევის ზოგადი პრინციპები

უნებლიე თუ დანაშაულებრივი გზით ცოცხალი ორგანიზმის (ცხოველების, ადამიანების) მოწამელაზე ეჭვის გამოთქმისას, ჭეშმარიტების დასადგენად, ბიოლოგიური წარმოშობის ნივთმტკიცების სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევა ხშირად დიდ დახმარებას უწევს მოწამელასთან დაკავშირებული საკითხების გადაწყვეტაში არა მარტო სასამართლო-სამძებრო ორგანოებს, არამედ მედიცინის მუშაკებსაც. სამედიცინო პერსონალს საშუალება ეძლევა მოწამელის მიზეზის დადგენის შემდეგ მიიღოს სათანადო ზომები მისგან გამოწვეული შედეგების სალიკვიდაციოდ.

ბიოლოგიური ნივთმტკიცება განუმეორებადია, რის გამოც სასამართლო დარგის ქიმიკოს-ექსპერტს ევალება ნივთმტკიცების ობიექტის უაღრესად მიზანმიმართული ხარჯვა დასმული პრობლემების გადასაჭრელად. ამ მხრივ განსაკუთრებით მწვავედ დგას საკითხი, როდესაც საქმე გვაქვს ადამიანის გვამის შიგა ორგანოებთან, შარდთან, პირღებინების მასასთან და სხვ. აღნიშნულ შემთხვევაში საჭიროა ქიმიკოს-ექსპერტმა, უშუალოდ ანალიზის დაწყების წინ, შეიმუშაოს სასამართლო-ქიმიური კვლევის კარგად მოფიქრებული გეგმა, რომელშიც გაერთიანებულია ოთხი ძირითადი საკითხი:

1. სასამართლოს სათანადო ორგანოების მიერ ქიმიკოსის წინაშე დასმული საკითხები (გამოსაკვლევ ობიექტში

ძლიერმოქმედი და შხამიანი ნივთიერებების აღმოჩენა, და განსაზღვრა სიკვდილის ან მოწამვლის ფაქტის დადგენის მიზნით, კვების ან სხვა პროდუქტების ფალსიფიკაციის დადასტურება ან უარყოფა, სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების, სამკურნალწამლო პრეპარატების და სხვათა ორიგინალურობის დადგენა);

2. თანმხლები მასალების მონაცემები (საქმის ვითარება, გვამის სასამართლო-სამედიცინო აქტი, ავადმყოფობის ისტორია და სხვ.);

3. ნივთმტკიცების გარეგნული დათვალიერება (კვლევის ობიექტის ხასიათი, მისი ფერი, სუნი, უცხო ჩანარები);

4. წინასწარი გამოკვლევა.

გარეგნული დათვალიერება და წინასწარი გამოკვლევა ხშირად ფასდაუდებელი საშუალება ხდება ქიმიკოს-ექსპერტისათვის კვლევის მიმართულების არჩევაში, მისი არეალის გაფართოებაში ან პირიქით, ნაწილობრივი ანალიზის მეთოდის შემთხვევაში, ამასთან, წინასწარი დაკვირვება და წინასწარი გამოკვლევა ქიმიკოს-ექსპერტს არ აძლევს ამა თუ იმ ნივთიერების არსებობა არარსებობაზე დასკვნების გამოტანის უფლებას. დასკვნების გამოტანისათვის აუცილებელია სათანადო სერიოზული გამოკვლევის ჩატარება, ამდენად გარეგნული დაკვირვება და წინასწარი გამოკვლევა ქიმიკოსს ეხმარება კვლევის ისეთი მიმართულების არჩევაში, რომელიც საშუალებას მისცემს გამოკვლევისათვის დახარჯოს საკვლევი ნიმუშის მაქსიმალურად მცირე რაოდენობა.

წინასწარი გამოკვლევისას, პირველ რიგში, უნდა დადგინდეს, რა სახის ნიმუშია წარმოდგენილი გამოსაკვლევად (მაგალითად, სხეულის რომელი ორგანო ან მისი ნაწილია გადმოგზავნილი).

გარეგნული დათვალიერებისას ქიმიკოს-ექსპერტი ვალდებულია შეამოწმოს, არის თუ არა წესების დაცვით წარმოდგენილი გვამის ესა თუ ის ნაწილი, კერძოდ:

1) კუჭთან ერთად წარმოდგენილი უნდა იყოს მისი შიგთავსიც;

2) წერილ ნაწლავთან ერთად — მსხვილი ნაწლავიც, ამასთან თითოეული მათგანის სიგრძე უნდა იყოს ერთი მეტრი; 3) ღვიძლის $1/3$, ამავედროულად — სისხლსავსე უბნიდან. ღვიძლთან ერთად სავალდებულოა ნაღვლის ბუშტის წარმოდგენა შიგთავსით; 4) ერთი სრული თირკმელი და შარდის ბუშტი შიგთავსით, 5) თავის ტვინს გამოსაკვლევეად მიღების შემთხვევაში უნდა ერთვოდეს გული სისხლთან ერთად, ელენთა მთლიანად და ფილტვი, თუმცა ცალ-ცალკე ჭურჭლითა და სათანადო წარწერით; 6) გამოკვლევისათვის თმების წარმოდგენის შემთხვევაში სინჯები აღებული უნდა იყოს 5 სხვადასხვა უბნიდან და სხეულის სხვადასხვა ნაწილიდან, ამასთან, თითოეული უბნიდან — არანაკლებ 20 ღერისა. უბნიდან აღებული თმები შეფუთული უნდა იყოს ცალ-ცალკე და გაკეთებული ჰქონდეს სათანადო წარწერა. ყურადღება უნდა მიექცეს, წარმოდგენილი ბიომასალა ხომ არ არის წყლით გარეცხილი ან სხვადასხვა ნივთიერებებით ხელოვნურად გაჭუჭყიანებული.

განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ნივთმტკიცების კონსერვაციის საკითხს.

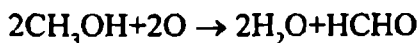
გამოსაკვლევედ გათვალისწინებული ნივთმტკიცების ცხელ ამინდში შორ მანძილზე გადაცემისას დაშვებულია მისი კონსერვაცია სუფთა ღვინის სპირტით. ცხადა, ნივთმტკიცება, რომელიც სასამართლო-ქიმიურ ექსპერტიზაზე ღვინის სპირტის ან ნიტრატების შემცველობაზე გაიგზავნება, არ შეიძლება დაკონსერვდეს ღვინის სპირტით.

იმ შემთხვევაში, თუ ღვინის სპირტით დაკონსერვებული ობიექტი ქიმიკოს-ექსპერტის მიერ შერჩეული მეთოდის მიხედვით მოითხოვს გოგირდმჟავათი ან აზოტმჟავათი დამუშავებას, საჭიროა ობიექტიდან სპირტის წინასწარი მოცილება.

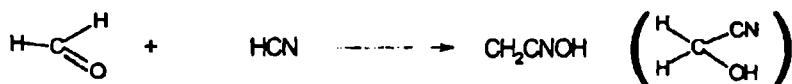
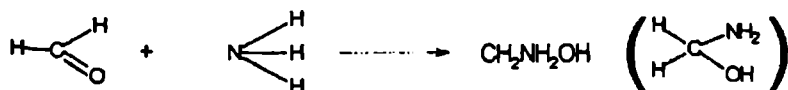
კონსერვაციის შესახებ ცნობები ასახული უნდა იყოს ნივთმტკიცების თანმხლებ დოკუმენტაციაში; გარდა ამისა, აუცილებელია ნივთმტკიცებასთან ერთად გაიგზავნოს ღვინის

სპირტის საკონტროლო ნიმუში ისეთივე რაოდენობით, რა რაოდენობითაც მოხმარდა ობიექტის კონსერვაციას. თუ საკონტროლო სინჯი არ ახლავს საკვლევ ობიექტს, ქიმიკოს-ექსპერტი ვალდებულია შეადგინოს აქტი, რომელიც გაგზავნება სასამართლო-სამძებრო ორგანოს საკვლევი ობიექტის არასწორად გაგზავნის შესახებ მითითებით. ღვინის სპირტის ნაცვლად ფორმალინის, გლიცერინის, ფენოლის ან სხვა ორგანული ნივთიერების გამოყენება კონსერვაციაზე განიხილება როგორც დანაშაულებრივი კონსერვაცია, რადგან მათი შეყვანა ობიექტში მავნე ზემოქმედებას ახდენს სასამართლო-ქიმიური ანალიზის შედეგებზე, კერძოდ, ფორმალინი თვითონ ითვლება შხამად და შედის ქიმიკოს-ექსპერტის კვლევის არეალში. გარდა ამისა, უნდა გავითვალისწინოთ შემდეგი გარემოებები:

ა) ბიომასალაში მეთილის სპირტის აღმოჩენა დაფუძნებულია მისი ფორმალინში გადაყვანაზე



ბ) ფორმალინი ხელს უწყობს მთელი რიგი ისეთი ნაერთების (NH_3 , HCN და სხვ.) დაშლას, რომლებიც მიეკუთვნებიან შხამიან ნივთიერებებს



რაც ხელს უშლის მის აღმოჩენას გამოსაკვლევ ობიექტში.

არანაკლებ უარყოფით გავლენას ახდენს სასამართლო-ქიმიურ ანალიზზე ფენოლი და გლიცერინი.

კონსერვაციისათვის აღნიშნული რეაქტივების გამოყენების დადგენისას (როგორც სუნით, ისე ქიმიური ანალიზით) ქიმიკოს-ექსპერტი ვალდებულია შეადგინოს აქტი, სადაც მითითებული იქნება არასწორად შერჩეული კონსერვანტის სასამართლო-ქიმიური ანალიზის შედეგებზე შესაძლო გავლენის შესახებ. აქტი უნდა გადაეგზავნოს ნივთმტკიცების საანალიზოდ გამომგზავნ ორგანოს.

ბევრი ქიმიური ნივთიერება (ფენოლი, დიქლორეთანი, რაზის ზეთები, ღვინის სპირტი, ბენზოლის ალდეჰიდი, ნიტრობენზოლი, ციანწყალბადმჟავა და სხვ.) ხასიათდება სპეციფიკური სუნით, რაც, რიგ შემთხვევაში, მნიშვნელოვან დახმარებას უწევს ქიმიკოს-ექსპერტს, კვლევის გეგმის შედგენისას სწორ ორიენტირებაში. ბიომასალის ღპობის პროდუქტებმა შესაძლებელია ხელი შეუშალოს ქიმიკოს-ექსპერტს სუნის მიხედვით ორიენტირებაში. განსაკუთრებული ყურადღება ენიჭება გამოსაკვლევი ობიექტის ფერზე შემოწმებას, ასე, მაგალითად, ანილინის ზოგიერთმა საღებავმა და სპილენძის მარილებმა ბიომასალას შეიძლება მისცენ მწვანე, ლურჯი ან იისფერი შეფერილობა; პიკრინმჟავამ, აკრიხინმა, აზოტმჟავამ — მკვეთრი ყვითელი შეფერვა და სხვ.

ანალიზის მეთოდის შერჩევასა და მის დაწყებას წინ უნდა უსწრებდეს აგრეთვე ქიმიკოს-ექსპერტის მიერ გამოსაკვლევ ობიექტში უცხო ჩანარების არსებობაზე დაკვირვება. დაკვირვება ხდება ჯერ შეუიარაღებელი თვალით, შემდეგ გამადიდებელი შუშით და მცირე გადიდების მიკროსკოპით.

2.4. შხამიანი ნივთიერების იზოლირება ბიომასალიდან და მისი თვისებრივი ანალიზი

საძიებელი ტოქსიკური ნივთიერებების ბიომასალიდან იზოლირება სასამართლო-ქიმური ანალიზის ერთ-ერთი ყველაზე საპასუხისმგებლო სტადიაა. ზოგიერთი შხამის თვისებრივი აღმოჩენა შესაძლებელია თვით ბიომასალაში, მისგან წინასწარი იზოლირების გარეშე. ზოგიერთის აღმოჩენა კი შეუძლებელია ბიომასალიდან მისი იზოლირების გარეშე. ბიომასალიდან შხამის იზოლირებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდები: ექსტრაქცია, გამოტუტვა, ბიომასალის დაშლა (მინერალიზაცია), წყლის ორთქლით გამოხდა და სხვ. ტოქსიკური ნივთიერების ბიომასალიდან იზოლირებისათვის ამა თუ იმ მეთოდის გამოყენება დამოკიდებულია მის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე. ბიომასალიდან იზოლირებული ტოქსიკური ნივთიერების ანალიზის მსვლელობის მომდევნო სტადიებია: იზოლირებული ნივთიერების გაწმენდა, იდენტიფიკაცია და რაოდენობრივი განსაზღვრა. გაწმენდისათვის გამოყენებულია ექსტრაქციის, გამოტუტვის, ქრომატოგრაფიული, მოლეკულური აღსორცის და სხვა მეთოდები. იდენტიფიკაციისათვის გამოიყენება თვისებრივი რეაქციები, ქრომატოგრაფია, ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი, ატომურ-ემისიური სპექტროსკოპია, ელექტროფორეზი, მიკროდიფუზია, მიკროკრისტალოსკოპია და სხვ. ბიომასალიდან გამოყოფილი შხამიანი ნივთიერებების რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის გამოიყენება ფოტოკოლორიმეტრიული, სპექტროფოტომეტრიული, ქრომატოგრაფიული და სხვა მეთოდები.

ზემოთ აღწერილი მეთოდები მოცემულია ანალიზური ქიმიის სხვადასხვა ლიტერატურაში, ზოგიერთი მათგანი, სპეციფიკური დანიშნულების მიხედვით, განხილულია ფარმაცოლოგიური და ტოქსიკოლოგიური ქიმიის სპეციალურ კურსებში.

2.5. ნივთიერების იზოლირება ბიომასალიდან წყლის ორთქლით გამოხდის გზით

2.5.1. წყლის ორთქლით გამოხდის არსი

ბიომასალიდან წყლის ორთქლით იზოლირების ხერხი გამოყენებულია მრავალი გამოსაჰყვანი ორგანული ტოქსიკური ნივთიერებისათვის: ციანწყალბადმჟავა, სპირტები, ალიფატური რიგის ალდეჰიდები და კეტონები, ქლორორგანული ნაწარმები, კარბონმჟავები, რთული ეთერები, არომატული ნახშირწყალბადები, ფენოლები, მეტალორგანული ნაერთები, გოგირდნახშირბადი, ამინები და ნიტრონაერთები. არაორგანული ნაერთებიდან წყლის ორთქლით იზოლირება გამოყენებულია ფოსფორის, ფოსფოროვანი და ქვეფოსფოროვანი მჟავებისათვის.

წყლის ორთქლით იზოლირების ხერხის გამოყენება განსაკუთრებით ხელსაყრელია წყალში ძნელად ხსნადი ორგანული ნივთიერებისათვის, როგორიცაა: ტოლუოლი, ნიტრობენზოლი, დიქლორეთანი და სხვ. ორი ერთმანეთში პრაქტიკულად უხსნადი თხევადი ნივთიერების გაცხელებისას თითოეული მათგანის ორთქლის დრეკადობა ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად იზრდება. როდესაც ორივე ნივთიერების ორთქლის დრეკადობების ჯამური სიდიდე გაუტოლდება ატმოსფერულ წნევას, ნარევი იწყებს დუღილს და შესაბამისად იწყება ნივთიერების ერთდროული გამოხდა. რადგან ორივე თხევადი ნივთიერების ორთქლის დრეკადობების ჯამი ატმოსფერული წნევის ტოლია, ნარევის გამოხდა იწყება თითოეული სუფთა ნივთიერების დუღილის ტემპერატურის ქვემოთ. ამრიგად, წყალთან ნარევი და ამასთან წყალში უხსნადი ნებისმიერი თხევადი ნივთიერების წყლის ორთქლით გამოხდის გზით იზოლირება განსაკუთრებით ხელსაყრელია მაშინ, როდესაც ბიომასალიდან გამოსაყოფი ნივთიერების დუღილის

ტემპერატურა ძალიან მაღალია ან ადგილი აქვს დუდილის ტემპერატურაზე მის დაშლას. ასეთია მაგალითად, ტეტრაეთილტყვია, მისი გამოხდის ტემპერატურა (97°C) გაცილებით დაბალია დუდილის ტემპერატურაზე ($145-200^{\circ}\text{C}$). აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ტეტრაეთილტყვიის დაშლა შესაძრწვევი სიჩქარით მიმდინარეობს უკვე 135°C -ზე.

მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ წყლის ორთქლით ბენზოლის გამოხდა. ეს ორი სითხე არ ურთიერთქმედებს და არ იხსნება ერთმანეთში (20°C -ზე ბენზოლის ხსნადობა წყალში შეადგენს $0,054$ გ-ს). ატმოსფერულ წნევაზე ($101,3$ კპა) სუფთა ბენზოლი დუღს $80,2^{\circ}\text{C}$ -ზე, სუფთა წყალი – 100°C -ზე. მიუხედავად იმისა, თუ როგორი იქნება ნარევი ბენზოლის და წყლის ორთქლის თანაფარდობა, მათი ნარევი დუღს $69,2^{\circ}\text{C}$ -ზე. ამ ტემპერატურაზე ბენზოლის ორთქლის დრეკადობა შეადგენს $71,3$ კპა-ს; წყლის ორთქლის – $30,0$ კპა-ს. ამრიგად, მიღებულ დისტილატში ბენზოლის მოლური წილი იქნება $71,3$, რაც მასურ წილზე გადათვლით შეადგენს $90,1\%$ -ს.

წყალში ხსნადი ნივთიერების წყლის ორთქლით გამოხდის პროცესი გაცილებით რთულია. წყლის ორთქლსა და გამოსახდელი ნივთიერების ორთქლს შორის მოლური თანაფარდობა ორთქლის ფაზაში უწყვეტად იცვლება აზეოტროპული^{*} ნარევის მიღებამდე. სათანადოდ იცვლება ნარევის დუდილის ტემპერატურაც. აზეოტროპული ნარევის გაყოფა უბრალო გამოხდის გზით შეუძლებელია. აზეოტროპულ ნარევებს იძლევა როგორც ერთმანეთში ხსნადი, ისე ერთმანეთში უხსნადი ნივთიერებები. ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობის მქონე ზოგიერთი ნაერთის წყლის ორთქლთან აზეოტროპული ნარევის შედგენილობები მოცემულია მე-3 ცხრილში.

^{*} ზატოსენოთ, რომ აზეოტროპულია ნარევი, რომელთა შედგენილობა დუდილობას არ იცვლება.

წყალთან აზეოტროპულ ნარევეს არ იძლევა აცეტონი, ეთილენგლიკოლი, მეთილის სპირტი და ძმარმჟავა.

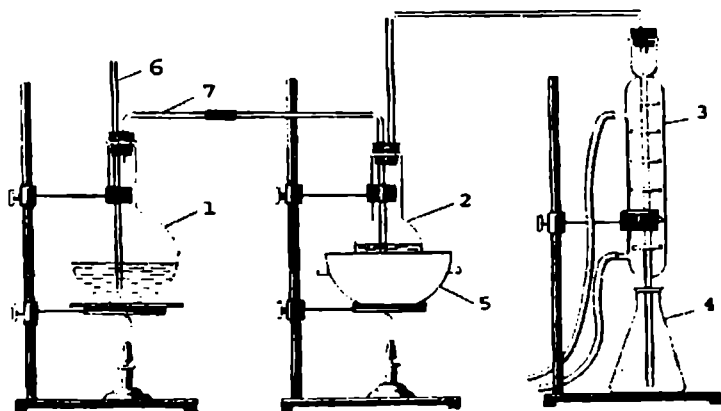
ცხრილი 3

ზოგიერთი ორგანული ნივთიერების წყალთან აზეოტროპული ნარევის ფიზიკური მახასიათებლები

№	ნივთიერების დასახელება	დუღილის ტემპერატურა °C		წყლის შემცველობა ნარევში. %(მას.)
		სუფთა ნივთბის	აზეოტროპული ნარევის	
1	ოთხკლორიანი ნახშირბადი	76,75	66	4,1
2	კლოროფორმი	61,2	56,1	2,5
3	ბენზოლი	80,2	69,25	8,83
4	მეთილის სპირტი	78,31	78,15	4,43
5	იზოამილის სპირტი	132,06	95,15	49,6
6	გოგირდნახშირბადი	46,25	42,6	3
7	ტოლუოლი	110,7	84,1	19,6
8	ფენოლი	182	99,6	90,8
9	ნიკოტინი	246	99,99	97,5
10	დიეთილეთერი	34,5	34,15	1,26
11	ანილინი	184,35	75	81,8
12	იზოპროპილის სპირტი	82,5	80,1	12
13	იზობუტილის სპირტი	107	89,8	33
14	ნიტრობენზოლი	210,85	98,6	88
15	1,2-დიკლორეთანი	83,5	71,62	8,2

აზეოტროპული ნარევის გაყოფისათვის მიმართავენ სხვადასხვა ხერხს, ასე, მაგალითად, ეთილის სპირტის ატმოსფერულ წნევაზე გამოხდისას მიიღება აზეოტროპული ნარევი დუღილის ტემპერატურით 78,17 °C, რომელშიც ეთილის სპირტის შემცველობაა 96% (მას.). თუ გამოხდას ჩავატარებთ ვაკუუმში ნარჩენი წნევით – 13,33 კპა, აზეოტროპულ ნარევში ეთილის სპირტის შედგენილობა

გაიზრდება 99,6%-მდე; დუდილის ტემპერატურა შემცირდება 34,2°C-მდე. ორკომპონენტიანი აზეოტროპული ნარევის გაყოფისათვის ხშირად მიმართავენ მესამე კომპონენტის დამატებას, ასე, მაგალითად, ეთილის სპირტის და წყლის აზეოტროპულ ნარევზე ბენზოლის დამატებით მიიღება განშრეებული სითხის ორი ფენა დუდილის ტემპერატურით 64,9°C (101,3 კპა წნევაზე). მიღებული სამმაგი ნარევის გამოხდისას ნარჩენის სახით მიიღება აბსოლუტური ეთილის სპირტი (100%-იანი). ძლიერმოქმედი და შხამიანი ნივთიერების წყლის ორთქლით გამოხდისათვის სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ლაბორატორიაში გამოყენებული დანადგარის სქემა მოცემულია 1-ლ სურათზე.



სურ. 1. წყლის ორთქლით გამოხდის დანადგარი

დანადგარი შედგება ორთქლწარმოქმნელის, გამოსახდელი ჭურჭლის, მიმღებისა და წყლის მაცივრისაგან. ორთქლწარმოქმნელად გამოყენებულია უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებული მრგვალძირა ჭურჭელი ან მინის მრგვალძირა კოლბა 1, ჭურჭელს სანახევროდ ავსებენ წყლით. ჭურჭლის ყელი დაცულია ხის საცობით, რომელიც აღჭურვილია წნევის

მათანაბრებელი 6 და ორთქლგამყვანი მილებით 7. წნევის მათანაბრებელი მილი ჭურჭელში ჩაშვებულია თითქმის ფსკერამდე. საცობის ზემოთ მისი სიმაღლე უნდა იყოს არანაკლებ 40–45 სმ-ის ტოლი. ორთქლწარმოქმნელი ორთქლგამყვანი მილაკით მიერთებულია გამოსახდელ ჭურჭელთან 2. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს მინის მრგვალიძირა კოლბას, რომელიც აღჭურვილია წყლის აბაზანით 5.

კოლბას თავი დაცული აქვს მინის ორი მილაკით აღჭურვილი ხის ან მიხეხილთავიანი საცობით. ორთქლის მისაწოდებელი მილაკი გამოსახდელ ჭურჭელში ჩაშვებულია თითქმის ფსკერამდე. მეორე მილაკი მიერთებულია წყლის მაცივართან 3. მაცივრის მეორე ბოლო ჩაშვებულია 25–100 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბაში 4.

მინის მილაკები ერთმანეთთან ისე უნდა იყოს შეერთებული პირისპირ, რომ ორთქლი არ შეეხოს შემაერთებული რეზინის მილს.

გამოსახდელ კოლბაში 2 შეაქვთ გამოსაკვლევი ობიექტი. გამოსაკვლევი მასის მოცულობა არ უნდა აღემატებოდეს კოლბის მოცულობის ნახევარს. შემოსული ორთქლის კონდენსაციის თავიდან აცილების მიზნით გამოსახდელი ჭურჭელი აღჭურვილია წყლის აბაზანით.

საკვლევი ობიექტიდან საძიებელი ნივთიერების იზოლირებისათვის არ შეიძლება მივმართოთ დისტილაციის ჩვეულებრივ მეთოდს, რაც იმით არის განპირობებული, რომ დაუშვებელია ბიომასალის შემცველი ჭურჭლის ფსკერის გახურება პირდაპირი ალით ან ელექტროდუმლით (100°C-ზე ზევით), პირდაპირი ალით გახურებამ შეიძლება გამოიწვიოს გამოხდით გამოყოფილ ნივთიერებათა დაშლა სითხის დონის ზევით მყოფი ჭურჭლის კედლებზე, ან პირიქით, ცილოვანი ნივთიერების დაწვის შედეგად ციანიდის (ციანმჟავის) წარმოქმნა. გამოხდა უნდა ტარდებოდეს შეძლებისდაგვარად ნელა. დისტილატის პირველ 15 მლ-ს აგროვებენ წინასწარ

მომზადებულ კონუსურ კოლბაში, რომელშიც მოთავსებულია 2 მლ 5%-იანი მწვავე ნატრის ხსნარი; დანარჩენ 25–50 მლ დისტილატს აგროვებენ წინასწარ მომზადებულ 2–3 კოლბაში.

ქლორალჰიდრატის შემცველობაზე წინასწარ ეჭვის გამოთქმის შემთხვევაში იცვლება სინჯების აღების თანამიმდევრობა, კერძოდ, პირველ მიმღებში იღებენ დისტილატის 3–5 მლ-ს ქლოროფორმზე, HCN -ზე და სპირტებზე გამოსაკვლეევად; მეორეში – 10–12 მლ-ს. ამ შემთხვევაში ქლორალჰიდრატის აღმოსაჩენად იყენებენ დისტილატის მეორე ულუფას. გამოხდის პროდუქტების თვისებრივ გამოკვლევაზე, უმეტეს შემთხვევაში, საკმარისია 40 მლ დისტილატის შეგროვება (15 მლ პირველი და 25 მლ მეორე).

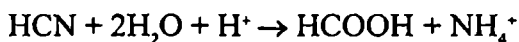
წყლის ორთქლით გამოხდით მიღებულ დისტილატებს იკვლევენ თვისებრივად. ამა თუ იმ საძიებელ ნივთიერებაზე დადებითი რეაქციის მიღების შემთხვევაში საჭიროა მიღებული ნივთიერებების რაოდენობრივი განსაზღვრა, რისთვისაც აიღება საკვლევი ობიექტის ახალი ნიმუში, რომლის გამოხდა გრძელდება მანამ, სანამ დისტილატის ბოლო ულუფაში არ გაქრება საძიებელი ნივთიერების კვალი.

წყლის ორთქლით გამოხდას დაქვემდებარებული ნივთიერებები მიეკუთვნება ქიმიური ნაერთების სხვადასხვა კლასებს (მჟავა, ტუტე, ნეიტრალური). მჟავა ნივთიერების გამოხდა წარმოებს მჟავა გარემოში. ტუტე ნივთიერების გამოხდისათვის გამოიყენება ტუტე და, იშვიათად, სუსტი მჟავა გარემო, ხოლო ნეიტრალური და ამფოტერული ნივთიერების გამოხდისას შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც მჟავა, ისე ტუტე გარემო.

წყლის ორთქლით გამოხდის წინ ბიოლოგიური მასალის შემჟავებისათვის ძირითადად გამოიყენება მჟაუნმჟავა ან ლეინომჟავა. მინერალური მჟავათი შემჟავებისას იზოლირება მოხდება არა მარტო იმ ფენოლის, რომელიც ორგანიზმში მოხვდა გარედან და გამოიწვია მისი მოწამვლა, არამედ იმ

ფენოლისაც, რომელიც წარმოიქმნა ნაწლავებში ცილების დაშლის შედეგად და წარმოქმნა სულფატები. ორგანული მჟავებით ბიომასალის შემჟავებისას ფენოლის კონიუგატები არ იშლება და სათანადოდ მხოლოდ ორგანიზმში თავისუფალი სახით მოხვედრილი ფენოლის იზოლირება ხდება.

რაც შეეხება ციანწყალბადმჟავას, მინერალური მჟავების მოქმედებით იგი განიცდის ჰიდროლიზს და გარდაიქმნება ჭიანჭველმჟავად



რის გამოც მივიღებთ ბიომასალიდან იზოლირებული HCN-ის შემცირებულ მნიშვნელობას.

რიგ შემთხვევაში აუცილებელი ხდება ბიომასალის შემჟავებისათვის რომელიმე ისეთი მინერალური მჟავას გამოყენება (ფოსფორმჟავას ან გოგირდმჟავას), რომელიც კარგად დისოცირდება და ამასთან წყლის ორთქლით მისი გამოხდა პრაქტიკულად არ ხდება. მაგალითად, შეიძლება მოვიყვანოთ ბიომასალიდან ძმარმჟავას იზოლირება წყლის ორთქლის დახმარებით; ბიომასალაზე არაორგანული მჟავას დახმარებით ძმარმჟავას დისოციაცია ფერხდება; არადისოცირებული ძმარმჟავას გამოხდა წყლის ორთქლის დახმარებით მიმდინარეობს შეფერხების გარეშე.

შემჟავებული ბიოლოგიური მასალიდან ვერ ხერხდება ყველა აქროლადი შხამის წყლის ორთქლით გამოხდა, ამიტომ რეკომენდებულია წყლის ორთქლის დახმარებით ბიომასალიდან შხამების იზოლირება ჯერ მჟავა გარემოს, შემდეგ კი ტუტე გარემოს შექმნით. სამუშაო შემდეგნაირად მიმდინარეობს:

კოლბაში ათავსებენ მაკრატლით დაქუცმაცებულ 100 გ ბიომასალას (გვამის შიგა ორგანო ან ბიოლოგიური წარმოშობის სხვა ობიექტი), ამატებენ წყალს ფაფისმაგვარი მასის წარმოქმნამდე, შემდეგ — მჟაუნმჟავას ან ღვინომჟავას

ნაჯერი ხსნარის 3–5 მლ-ს ($\text{pH}=2-2,5$ -მდე). სწრაფად შეაერთებენ წინასწარ დუღილის ტემპერატურამდე გაცხელებული ორთქლის წყაროსთან 1 და მაცივართან 3 (იხ. სურ. 1). მაცივრის მეორე ბოლოს ათავსებენ კონუსურ კოლბაში, რომელშიც წინასწარ ჩასხმულია ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 2%-იანი ხსნარის 2–3 მლ და იწყებენ გამოხდას. მიღის ბოლო უშუალოდ ჩაშვებული უნდა იყოს სითხეში. გამოხდის პირველ ულუფას, 2–3 მლ რაოდენობით აგროვებენ ციანწყალბადზე და ციანიდებზე საანალიზოდ; ამის შემდეგ გამოხდას აგრძელებენ დისტილატის 25–25 მლ ულუფის მისაღებად. მიღებულ დისტილატებს იყენებენ წყლის ორთქლით მჟავა გარემოში გამოხდას დაქვემდებარებული აქროლადი შხამის აღმოსაჩენად. ნივთიერებების გამოხდა ხდება შემდეგი თანამიმდევრობით: ციანწყალბადმჟავა, ყვითელი ფოსფორი, დიეთილეთერი, ქლოროფორმი, აცეტონი, ალიფატური რიგის სპირტები, ნიტრობენზოლი, ჭიანჭველმჟავა, ძმარმჟავა, ქლორალჰიდრატი, ფორმალდეჰიდი, გოგირდნახშირბადი, სალიცილის მჟავა.

გამოსახდელ ჭურჭელში დარჩენილ ბიომასალას გაცივების შემდეგ ამატებენ მცირე ულუფებით NaOH -ის 5%-იან ხსნარს ტუტე რეაქციის მიღებამდე (ლაკმუსით ან უნივერსალური ინდიკატორული ქაღალდით $\text{pH}=10$ -მდე). კოლბას ბიომასალით დგამენ წყლის აბაზანაზე, აერთებენ ორთქლის წყაროსთან და მაცივართან (ლიბიხის მაცივარი) და იწყებენ გამოხდას. გამოხდას აგრძელებენ 3–4 ულუფა 10–10 მლ დისტილატის მიღებამდე. დისტილატის თითოეული ულუფის შეგროვება ხდება 50 მლ-იან კონუსურ კოლბაში, რომელშიც წინასწარ ჩასხმულია 0,16 მარილმჟავას ხსნარის 5 მლ. გამოხდის პროცესში მაცივრის ბოლო ჩაყურსული უნდა იყოს კონუსურ კოლბაში მოთავსებულ მარილმჟავას ხსნარში.

მიღებულ დისტილატებს იკვლევენ ანილინის, პირიდინის, ნიკოტინის, ანაბაზინის ფედრინის და ფუძე და ნეიტრალური ხასიათის მქონე სხვა ნივთიერებების არსებობაზე.

წყლის ორთქლით გამოხდის გზით მიღებულ დისტილატში საძიებელი მომწამვლელი ნივთიერების შემცველობა რიგ შემთხვევაში შეიძლება იყოს უმნიშვნელო და მისი კონცენტრაცია იყოს აღმოჩენის ზღვარზე დაბალი. გარდა ამისა გამოხდისას შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ბიომასალის ლპობის შედეგად მიღებული ისეთი ნივთიერების გამოხდას და დისტილატში გადასვლას, რომელიც ხასიათდება ისეთივე თვისებითი რეაქციებით, როგორც საძიებელი ნივთიერება. გართულების თავიდან აცილების მიზნით, ცალკეულ შემთხვევაში საჭირო ხდება მიღებული დისტილატების ფრაქციული გამოხდა. ამ გზით შესაძლებელი ხდება ნივთიერებების დაყოფა ცალკეულ კომპონენტებად ან დუდილის ტემპერატურებით ერთმანეთთან ახლოს მდგომ ნივთიერებათა მცირე ჯგუფებად. ფრაქციული გამოხდის შედეგად მიიღება შესაბამის ნივთიერებათა უფრო კონცენტრირებული ხსნარები.

ფრაქციულ გამოხდას აწარმოებენ დეფლექტატორით აღჭურვილ კოლბაში. დუდილის ტემპერატურის მიხედვით სითხეთა უფრო სრული გაყოფის მიზნით დეფლექტატორის ნაცვლად იყენებენ ფრაქციულ სვეტს (სარექტიფიკაციო სვეტს).

ამრიგად, სასამართლო-ქიმიურ ანალიზში ფრაქციული გამოხდის მეთოდის გამოყენება საშუალებას იძლევა ნაერთებიდან გამოვყოთ არა ნივთიერებათა ჯგუფები, არამედ თითოეული მათგანი — ცალ-ცალკე ან გავასუფთავოთ და მოვახდინოთ მათი კონცენტრირება.

2.5.2. ციანმჟავა და მისი მარილები

ციანმჟავას და მისი მარილების იზოლირება ბიომასალისაგან წარმოებს წყლის ორთქლით გამოხდის გზით. ამ მიზნით სინჯარაში ავროვებენ დისტილატის პირველ

ულუფას 3-5 მლ რაოდენობით, გამოსახდელ აპარატთან მიერთებამდე სინჯარაში ათავსებენ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 2%-იანი ხსნარის 2 მლ-ს. იმ შემთხვევაში, თუ საქმე გვაქვს გვამიდან ამოკვეთილი ბიომასალის ანალიზთან, სასურველია გამოკვლევა ჩატარდეს გვამის გაკვეთისთანავე, წინააღმდეგ შემთხვევაში, ორგანიზმში ციანწყალბადის სწრაფი დაშლის გამო, შესაძლებელია გამოკვლევის შედეგად ძილებული დასკვნები არ შეეფერებოდეს სინამდვილეს. ამასთან, HCN-ის და მისი მარილების დაშლის შედეგად ორგანიზმის უჯრედებში ეს შხამები შეიძლება აღმოვაჩინოთ კუჭის შიგთავსში და ვერ აღმოვაჩინოთ თირკმელსა ან ღვიძლში. ციანწყალბადით და მისი მარილებით მოწამვლაზე დასკვნის მიღებისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის გარემოებაც, რომ ციანწყალბადს მცირე რაოდენობით შეიძლება შეიცავდეს შარდი (~ 6 მკგ%), მაშინაც კი, თუ ადგილი არ ჰქონდა ორგანიზმის ციანიდებით მოწამვლას. მწვევლთა შარდში ციანიდების შემცველობა თითქმის სამჯერ მეტია არამწვევლებთან შედარებით. უნდა ვიცოდეთ, რომ მოსალოდნელია სისხლში ციანიდების წარმოქმნა სიკვდილის შემდეგაც.

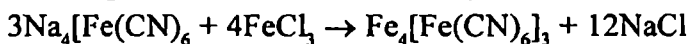
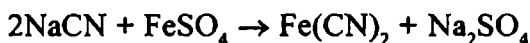
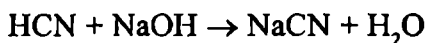
დისტილატში ციანიდების აღმოსაჩენად გამოიყენება რამდენიმე მეთოდი, რომელთაგან ყველაზე მამტკიცებლად ითვლება ბერლინის ლაჟვარდის წარმოქმნის რეაქცია.

სასამართლო-ქიმიურ ანალიზში გამოყენებული ყველა სხვა მეთოდი გამოიყენება როგორც დამხმარე; აგრეთვე იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა ციანიდების აღმოჩენა სითხეებში, ფხვნილებში ან საკვლევ ობიექტში*.

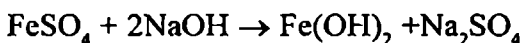
ბერლინის ლაჟვარდის წარმოქმნის რეაქცია. ციანწყალბადის ან მისი მარილების შემცველ ტუტე ხსნარზე რკინის (II) სულფატის დამატებით მიიღება რკინის ციანიდი,

* ჟურაღდება ციანსუფაზე და მის მარილებზე რეაქცია სავალდებულოა შესრულდეს გამწოვი ენტილატის პირობებში.

რომელიც ჯამში ციანიდებისა და რკინის (III) ქლორიდის მოქმედებით გვაძლევს ბერლინის ლაჟვარდს:



ბერლინის ლაჟვარდის წარმოქმნისას ადგილი აქვს გვერდით რეაქციებსაც, კერძოდ მიიღება რკინის (II) ჰიდროქსიდი რეაქციით



რკინის ჰიდროქსიდის გასახსნელად და ჭარბი ტუტის გასანეიტრალებლად ხსნარს უმატებენ მჟავას, სუსტი მჟავა რეაქციის მიღებამდე*

რეაქციის მსვლელობა: წყლის ორთქლით გამოხდის გზით მიღებული დისტილატის პირველ 3–5 მლ-ს ამატებენ რკინის (II) სულფატის 40%-იანი ხსნარის 2–4 წვეთს. შემდეგ რკინის (III) ქლორიდის 20%-იანი ხსნარის 1–3 წვეთს; მიღებულ ნარევს კარგად შეანჯღრევენ და გააცხელებენ აირის სანთურაზე თითქმის ადუღებამდე, შემდეგ აციეებენ გარემოს ტემპერატურამდე; გაცივებულ ხსნარს უმატებენ მარილმჟავას 10%-იან ხსნარს მცირე ულუფებით სუსტი მჟავა რეაქციის მიღებამდე (შემოწმება წარმოებს ლაკმუსით ან უნივერსალური ინდიკატორული ქაღალდით). ლურჯი ფერის ნალექის ან ლურჯი შეფერილობის მიღება მიუთითებს დისტილატში ციანწყალბადის ან ციანმარილების

* დიდი სიჭარბით მჟავას დამატება იწვევს ბერლინის ლაჟვარდის მიღების პროცესის შეწყვეტას.

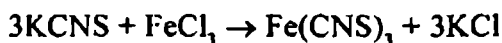
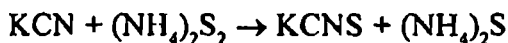
შემცველობაზე.

დისტილატში ორგანული ნივთიერებების არსებობისას ბერლინის ლაჟვარდის წარმოქმნის პროცესი ნელა მიმდინარეობს, განსაკუთრებით მაშინ, როცა ციანწყალბადის შემცველობა დისტილატში არ აღემატება 20–30 მკგ-ს მლ-ში. ამიტომ დასკვნა, ციანიდის აღმოჩენა-არაღმოჩენაზე კეთდება 24–48 სთ-ის გასვლის შემდეგ. რამდენიმე საათის შემდეგ შეფერილობის მიუღებლობის შემთხვევაში ხსნარს უმატებენ BaCl_2 -ის 5%-იანი ხსნარის რამდენიმე წვეთს. ამ დროს BaSO_4 -თან ერთად თანადალექვას განიცდის ბერლინის ლაჟვარდი და ნალექს ღებავს ლურჯად ან ცისფრად.

HCN -ის მინიმალური რაოდენობა, რომელიც შეიძლება აღმოჩენილ იქნეს დისტილატში, შეადგენს 20 მკგ-ს 1 მლ ხსნარში. 30 მკგ-ზე მეტი რაოდენობით შემცველობისას 1 მლ ხსნარში მიიღება ბერლინის ლაჟვარდის შემცველობის ლურჯი ფერის ნალექი. 20–30 მკგ HCN -ის შემცველობისას კი ხსნარი იღებს ცისფერ ან მწვანე შეფერილობას.

ბერლინის ლაჟვარდის ნალექი შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს სასამართლო ორგანოებისადმი, როგორც ციანშუავას აღმოჩენის დამადასტურებელი ნივთმტკიცება. რეაქციის საკმაოდ მაღალი მგრძნობიარობის, მისი სპეციფიკურობის და ბერლინის ლაჟვარდის ხანგრძლივი დროის განმავლობაში შენახვის უნარის გამო აღნიშნული მეთოდი ფართოდ არის გამოყენებული სასამართლო-ქიმიური ანალიზის პრაქტიკაში ბიომასალაში ციანწყალბადის და მისი მარილების აღმოსაჩენად.

რკინის როდანიდის წარმოქმნის რეაქცია: მეთოდი დამყარებულია ამონიუმის პოლისულფიდის და ციანიდოვნების ურთიერთქმედებაზე, რომლის დროსაც მიიღება როდანიდიონი (CNS^-), რომელიც რკინის (III) იონებთან ხსნარში იძლევა სისხლისფერწითელ ნაერთს რკინის როდანიდს:



რეაქციის მსვლელობა: საანალიზო ხსნარის 3–5 მლ-ს უმატებენ ამონიუმის სულფიდის 15 %-იანი ხსნარის 3–5 წვეთს. მიღებულ ნარევეს აორთქლებენ მანამ, სანამ ხსნარის მოცულობა არ შემცირდება 3–4-ჯერ. აორთქლების შემდეგ დარჩენილ ხსნარს უმატებენ მარილმჟავას 8%-იან ხსნარს წვეთწვეთობით მჟავა არის მიღებამდე, შემდეგ – რკინის (III) ქლორიდის 10%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს. სისხლისფერწითელი შეფერილობის მიღება მიუთითებს საკვლევ ხსნარში ციანიდების შემცველობაზე. ხსნარის ღიეთილეთერთან შენჯღღრევით შეფერილობა გადადის ეთერის ფენაში. მგრძნობიარობის ზღვარი: 10 მკგ HCN 1მლ ხსნარში (1 100000).

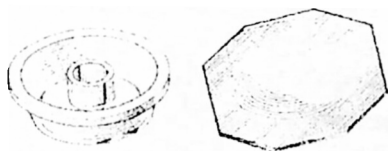
როდანიდული მეთოდი მნიშვნელოვანია იმიტაც, რომ ამ გზით შესაძლებელია არა მხოლოდ ციანიდების აღმოჩენა გამოსაკვლევ ხსნარში, არამედ მათი რაოდენობრივი განსაზღვრაც ფოტოკოლორიმეტრიული მეთოდით (ნეფელომეტრიული).

ციანწყალბადმჟავას და მისი მარილების აღმოსაჩენად, სასამართლო-ქიმიურ ექსპერტიზაში შეიძლება გამოვიყენოთ მიკროდიფუზიის მეთოდი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს საკვლევ ნიმუშში აღმოვაჩინოთ უმნიშვნელო რაოდენობით არსებული აქროლადი ნივთიერებები, ამასთან გამორიცხულია ქაფის წარმოქმნა (რასაც შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს წყლის ორთქლით გამოზღის შემთხვევაში) და არ ხდება განსასაზღვრავი ნივთიერების ძლიერ განზავება წყლის ორთქლის კონდენსატით. დიფუზიის სიჩქარის გაზრდის მიზნით საკვლევ ნივთიერებას უმატებენ ისეთ ხსნარს, რომელიც გაზრდის აღმოსაჩენი ნივთიერების ორთქლის აირად

ფაზაში გადასვლის სიჩქარეს.

მიკროდიფუზიისათვის განკუთვნილი ხელსაწყო წარმოადგენს მრგვალ, სქელკედლიანი მინის ან პლასტმასის 60–70 მმ დიამეტრის და 10 მმ სიმაღლის მიხეხილთავეან ჭურჭელს, რომელშიც ჩადგმულია 30–35 მმ დიამეტრის და 5 მმ სიმაღლის მეორე ჭურჭელი. ამრიგად, დიფუზიისათვის განკუთვნილი ჭურჭლის სივრცე გაყოფილია შიგა წრიულ და გარე რგოლურ საკნებად. მჭიდროდ დახუფვისა და პერმეტულობის შექმნის მიზნით გარე რგოლური საკნის თავზე წასმულია ვაზელინი ან სილიკონის საცხი.

საკვლევი ობიექტი შეაქვთ გარე რგოლურ საკანში, ხოლო შთამნთქმელი სითხე შიგა საკანში (სურ. 2).



სურ. 2. ხელსაწყო მიკროდიფუზიისათვის.

გარე რგოლურ საკანში მოთავსებული საკვლევი ობიექტიდან 2–3 სმ-ის დაცილებით ათავსებენ ისეთ სითხეს, რომელსაც შესწევს უნარი, გამოსაკვლევი ნივთიერება გადაიყვანოს აირად მდგომარეობაში. ჭურჭელს თავს ახურავენ პერმეტულად, მცირედ დახრიან გარე რგოლურ საკანში მოთავსებული სითხისა და საკვლევი ობიექტის შერევის მიზნით; შემდეგ დგამენ ჰორიზონტალურად დიფუზიისათვის საჭირო დროის განმავლობაში.

HCN-ის (ან რომელიმე ციანიდის) მიკროდიფუზიის მეთოდით განსაზღვრის მიზნით გარე რგოლურ საკანში ათავსებენ გამოსაკვლევი სისხლის ან შარდის 2–4 მლ-ს ან ქსოვილის ჰომოგენატს. ამავე კამერაში შეაქვთ გოგირდმჟავას

10%-იანი ხსნარის 3-4 წვეთი. შიგა კამერაში შეაქვთ 0.16-ის ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 3 მლ, სწრაფად ხურავენ ჭურჭლის თავს და აყოვნებენ ოთახის ტემპერატურაზე.

3-4 საათის გასვლის შემდეგ შიგა საკნიდან იღებენ სითხის 1 მლ-ს, უმატებენ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 0.16-ის ხსნარის 1 მლ-ს, Na_2HPO_4 -ის 16 ხსნარის 2 მლ-ს და ქლორამინ T-ს 0.25%-იანი ხსნარის 1 მლ-ს. ნარევს შეანჯღრევენ და 2-3 წთ-ის შემდეგ უმატებენ პირიდინის და ბარბიტურმჟავას შერევით მიღებული რეაქტივის* 3 მლ-ს. ნარევს შეანჯღრევენ და ტოვებენ 10 წთ-ს. წითელი შეფერილობის მიღება გამოსაკვლევ ნიმუშში ციანიდების არსებობაზე მიუთითებს.

ციანმჟავას რაოდენობრივი განსაზღვრა. ბიომასალაში ან სხვა საკვლევ ობიექტში ციანწყალბადის ან ციანიდების რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის გამოყენებულია ანალიზის როგორც მოცულობითი, ისე წონითი მეთოდები. საკვლევადაღებული ობიექტის წყლის ორთქლით გამოხდას ახდენენ დაბალი სიჩქარით, ვიდრე არ მოხდება, შეძლებისდაგვარად, მაქსიმალური რაოდენობის HCN-ის იზოლირება გამოსაკვლევ მასალიდან.

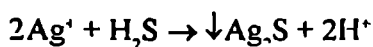
დისტილატის თუ რა მოცულობაზე უნდა შეწყდეს გამოხდა, ექსპერტი-ქიმიკოსი გადაწყვეტილებას იღებს თვისებრივი ანალიზის შედეგების მიხედვით.

დისტილატს აგროვებენ მიმღებებში, რომლებშიც წინასწარ ჩასხმულია 0.16-ის (HCN-ის ძალიან მცირე რაოდენობის შემთხვევაში 0.016-ის) ვერცხლის ნიტრატის ხსნარი. გამოხდის დამთავრების შემდეგ დისტილატებს აერთებენ საზომ კოლბაში. ამ უკანასკნელს აესებენ ჭდემდე სასამართლო-ქიმიური ანალიზისათვის სუფთა გამოხდილი წყლით; ნალექს

* კოლბაში შეაქვთ 3 გ ბარბიტურის მჟავა; უმატებენ 15 მლ ახლადგადაღწილ პირიდინს და 3 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას. ნარევს კარგად შეანჯღრევენ, ამატებენ 50 მლ წყალს და ფულტრავენ. ანალიზისათვის გამოიყენება ახლადმოშადადებული რეაქტივი.

აცდიან დაწდომას და ფილტრავენ მშრალ ფილტრზე. ნალექს რეცხავენ პირდაპირ ფილტრზე. ჩანარეცხ წყალს და ძირითადად ფილტრატს აერთებენ; მიღებული ხსნარის გარკვეულ მოცულობას ინდიკატორად უმატებენ რკინის შაბს, შეამჯავებენ აზოტმეკავათი და ტიტრავენ ამონიუმის როდანიდის ხსნარით.

გამოსაკვლევი ბიომასალის თანდათანობით დაშლის გამო შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს გოგირდწყალბადის გამოყოფას. ეს უკანასკნელი რეაგირებს ვერცხლის იონთან ნალექის სახით Ag_2S -ის წარმოქმნით, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს შედეგების გაყალბება:



Ag_2S ნალექს აძლევს მექმონაცრისფრო შეფერილობას. ასეთ შემთხვევაში ფილტრზე მოთავსებულ ნალექს ამუშავებენ ამიაკიანი წყლით, რომელიც ხსნის ვერცხლის ციანიდს და არ ხსნის ვერცხლის სულფიდს. ხელახლა შეამჯავებენ აზოტმეკავათი, მიღებულ ნალექს (AgCN -ს) ფილტრავენ უნაცრო ფილტრის ქაღალდზე; ქაღალდს ნალექთან ერთად წვავენ და ავარვარებენ ფაიფურის ჯამში მუდმივ წონამდე. მიღებულ ლითონურ ვერცხლს წონიან და გადათვლით საზღვრავენ HCN -ის შემცველობას ნიმუშში.

2.5.3. მეთილის სპირტი

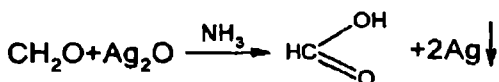
სპირტებიდან ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობით ხასიათდება მეთილის, ეთილის (ღვინის) და იზოამილის სპირტები. უკანასკნელი წარმოადგენს რახის ზეთების ძირითად შემადგენელ ნაწილს.

მეთილის სპირტის იზოლირება ბიოლოგიური მასალიდან წარმოებს წყლის ორთქლით გამოხდის გზით და

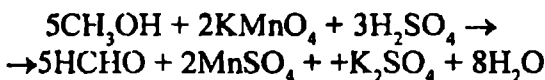
ლოკალიზდება ძირითადად დისტილატის პირველ ულუფაში. მეთილის სპირტი ხასიათდება აქროლადობის დიდი უნარით.

დანაკარგის თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა დისტილატის მიმღები გავაცივოთ ყინულით ან გამდინარე ცივი წყლით. მიღებული დისტილატი უმეტეს შემთხვევაში შეიცავს მეთილის სპირტის უმნიშვნელო რაოდენობას, ამიტომ აუცილებელია დისტილატის განმეორებითი გამოხდა დეფლუგმაციით. მეთილის სპირტის შემცველობის განსაზღვრა წარმოებს მხოლოდ დეფლუგმაციით მიღებულ დისტილატში.

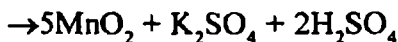
ბიომასალაში მეთილის სპირტის აღმოჩენის მეთოდების უმრავლესობა დამყარებულია დისტილატში გადასული მეთილის სპირტის ფორმალდეჰიდამდე წინასწარ დაჟანგვაზე, ამიტომ დისტილატის მეთილის სპირტის შემცველობაზე გამოკლევის დაწყებამდე აუცილებელია ხსნარის შემოწმება ფორმალდეჰიდის შემცველობაზე. უკანასკნელის დისტილატში არსებობის შემთხვევაში, მისი მოცილება წარმოებს ვერცხლის ოქსიდით:

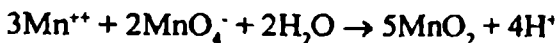


მეთილის სპირტის ფორმალდეჰიდამდე დაჟანგვას აწარმოებენ კალიუმის პერმანგანატით:

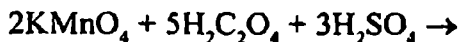


მანგანუმის ორვალენტიანი იონები მოქმედებენ პერმანგანატოინებთან მანგანუმის დიოქსიდის წარმოქმნით:

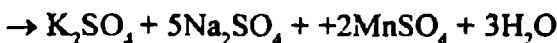
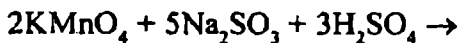




წარმოქმნილი MnO_2 -ის და ჭარბად დარჩენილი KMnO_4 -ის მოცილების მიზნით საკვლევ ხსნარს უმატებენ ნატრიუმის ბისულფიტის ან მჟაუნმჟავას 15%-იან ხსნარს წვეთწვეთობით, გაუფერულებამდე, შესაბამისად ადგილი ექნება რეაქციას



ან



დისტილატის 1–2 მლ-ს უმატებენ ფოსფორმჟავას შემცველი კალოუმის პერმანგანატის ხსნარის* 1 მლ-ს. ხსნარს აცხელებენ წყლის აბაზანაზე 50°C -მდე 15 წთ-ის განმავლობაში; ჭარბი დამჟანგველის მოცილების მიზნით ნარევს უმატებენ განზავებულ გოგირდმჟავაში (1 : 1) მომზადებული მჟაუნმჟავას 5%-იანი ხსნარის 1 მლ-ს.

მიკროსინჯარაში შეაქეთ საკვლევ ხსნარის ერთი წვეთი, უმატებენ ფოსფორმჟავას 5%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს და KMnO_4 -ის 5%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს. ნარევს გულდასმით ურევნ 1 წთ-ის განმავლობაში, უმატებენ მყარი ნატრიუმის ჰიდროსულფიტის კრისტალს და ანჯღრევნ სრულ გაუფერულებამდე. თუ ადგილი აქვს მურა ფერის ნალექის წარმოქმნას, ხსნარს უნდა დაემატოს კიდევ ერთი წვეთი ფოსფორმჟავა და მცირე რაოდენობით ნატრიუმის ჰიდროსულფატი. ხსნარში მეთილის სპირტის არსებობის შემთხვევაში, როგორც ერთ, ისე მეორე შემთხვევაში უკანასკნელი იჟანგება და გადადის ფორმალდეჰიდში.

* ფოსფორმჟავას შემცველი პერმანგანატის ხსნარის მოსამზადებლად KMnO_4 -ის 3%-იანი ხსნარის 100 მლ-ს უმატებენ ფოსფორმჟავას 87%-იანი ხსნარის 1.5 მლ-ს.

ფორმალდეჰიდის არსებობას ხსნარში ამოწმებენ მისი ფუქსინოგოგირდოვანმჟავასთან რეაქციით. ამ მიზნით სინჯარაში უმატებენ 2–3 წვეთ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას; ნარევეს კარგად ანჯღრევენ და აციეებენ გამდინარე წყლით; შემდეგ უმატებენ ფუქსინოგოგირდოვანმჟავას ხსნარის* 1 მლ-ს. ხსნარის შეფერვა მოლურჯო ან მოწითალოდ იფერად მიუთითებს ფორმალდეჰიდის (ანუ მეთილის სპირტის) შემცველობაზე ხსნარში.

ხსნარის შეფერვა ზოგჯერ ხდება მოგვიანებით – 10–15 წთ-ის გასვლის შემდეგ. ხსნარის შეფერილობის მიღება ნახევარი საათის შემდეგ არ შეიძლება ჩაითვალოს მეთილის სპირტზე დადებით რეაქციად, რადგან შეფერვა შეიძლება გამოიწვიოს ჰაერის ჟანგბადმა. რეაქცია არ არის სპეციფიკური ფორმალდეჰიდისათვის (სათანადოდ მეთილის სპირტისთვისაც), რადგან ასეთივე რეაქციით ხასიათდებიან აცეტალდეჰიდი, ნიტრობენზალდეჰიდი, ზოგიერთი სხვა ორგანული ნივთიერება. შეფერილობას არ იძლევა ქლორალჰიდრატი. ძლიერ მჟავა გარემოში ($\text{PH} < 0.7$) ფუქსინოგოგირდოვანმჟავასთან რეაგირებს მხოლოდ ფორმალდეჰიდი. $\text{PH} > 2.7$ -სას ფუქსინოგოგირდოვანმჟავასთან მოქმედებს აცეტალდეჰიდი, ფურფუროლი და ზოგიერთი სხვა ორგანული ნივთიერება.

მეთილის სპირტისათვის (სათანადოდ ფორმალდეჰიდისათვის) სპეციფიკურ აღმომჩენ რეაქტივად ითვლება 1,8-დიოქსინაფტალინ–3,6-დისულფომჟავა. გოგირდმჟავას თანაობისას ეს რეაქტივი ფორმალდეჰიდთან იისფერ შეფერვას ღებულობს.

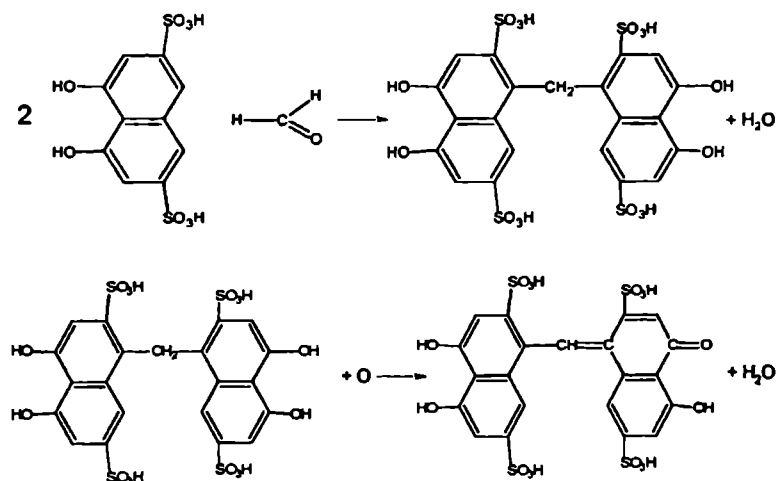
რეაქციის მსვლელობა: დისტილატში სავარაუდოდ არსებული მეთილის სპირტის მჟაუნმჟავათი ან პერმანგანატით ფორმალდეჰიდამდე დაჟანგვის შემდეგ სინჯარაში უმატებენ

*ხსნარის მომზადება იხილეთ 96-ე გვერდზე

კონცენტრირებული გოგირდმჟავათი მომზადებული 1%-იანი რეაქტივის 0,2 მლ-ს, შემდეგ – კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას 5 მლ-ს და ანჯღრევნ 0.5 წთ-ის განმავლობაში. იისფერი ან მოწითალო იისფერი შეფერილობის მიღება მიუთითებს ხსნარში ფორმალდეჰიდის (სათანადოდ–დისტილატში მეთილის სპირტის) არსებობაზე.

რეაქციას არ იძლევა შედგენილობით მეთილის სპირტთან ახლოს მდგომი ორგანული ნაერთები: ეთილის, ბუტილის, ამილის, იზოამილის სპირტები.

ჯერ მიმდინარეობს რეაქტივთან ფორმალდეჰიდის კონდენსაცია კონცენტრირებული გოგირდმჟავას დახმარებით (გოგირდმჟავა ასრულებს წყალწამრთმევის როლს), შემდეგ კი კონდენსაციის პროდუქტი იჟანგება (ასევე კონცენტრირებული გოგირდმჟავას დამატებით) მოწითალო იისფერი შეფერილობის ნაერთის მიღებით:



რეაქციის წარმატებით განხორციელების მიზნით საჭიროა გამოყენებული გოგირდმჟავას კონცენტრაცია იყოს არანაკლებ 75%-ის. ბიომასალაში მეთილის სპირტის აღმოჩენა შესაძლებელია მიკროდიფუზიის მეთოდის გამოყენებით.

მეთოდი ამ შემთხვევაშიც დამყარებულია მეთილის სპირტის ფორმალდეჰიდამდე დაჟანგვაზე. უკანასკნელი დიოქსინაფტალინდისულფომჟავასთან გოგირდმჟავას თანაობისას იძლევა მოწითალო-იისფერ შეფერილობას.

ანალიზის მსვლელობა: ანალიზისათვის განკუთვნილი ჭურჭლის რგოლურ საკანში ათავსებენ შარდის ან სისხლის 1 მლ-ს ან ქსოვილის (სხეულის) პომოგენატის 1 გ-ს და კალიუმის კარბონატის ნაჯერი ხსნარის 1 მლ-ს, ხოლო შიგა ცილინდრულ საცავში გოგირდმჟავას 10%-იანი ხსნარის 3 მლ-ს. ხელსაწყოს მჭიდროდ ახურავენ და ტოვებენ 3 სთ-ის განმავლობაში (პომოგენატის გამოკვლევის შემთხვევაში 5 სთ-ის განმავლობაში). დაყოვნების შემდეგ იღებენ შიგა ცილინდრულ საკანში მოთავსებული ხსნარის 1 მლ-ს, ათავსებენ სინჯარაში, უმატებენ კალიუმის პერმანგანატის 5%-იანი ხსნარის 1 წვეთს; აყოვნებენ 10 წუთის განმავლობაში, შემდეგ უმატებენ ნატრიუმის სულფატის ან ჰიდროსულფატის ნაჯერი ხსნარის 1-2 წვეთს; კალიუმის პერმანგანატის ფერის გაქრობის შემდეგ ხსნარს უმატებენ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში მომზადებული რეაქტივის 0,5%-იანი ხსნარის 0,2 მლ-ს და აცივებენ ყინულოვანი წყლით. გაცივების შემდეგ ხსნარს უმატებენ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას 4 მლ-ს და აცხელებენ მდულარე წყლის აბაზანაზე 15 წთ-ის განმავლობაში. წითელი ან იისფერი შეფერილობის მიღება მიუთითებს საკვლევ ობიექტში მეთილის სპირტის შემცველობაზე. მეთოდს იყენებენ იმ შემთხვევაში, თუ საკვლევ ობიექტში ფორმალდეჰიდის შემცველობა წინასწარ არის გამორიცხული.

2.5.4. ეთილის სპირტი

სისხლსა და შარდში ეთილის სპირტის აღმოსაჩენად იყენებენ აირსითხის ქრომატოგრაფიას. გვამის ორგანოების ეთილის სპირტის შემცველობაზე გამოკვლევისას მიკროდიფუზიის ან წყლის ორთქლით გამოხდის მეთოდს.

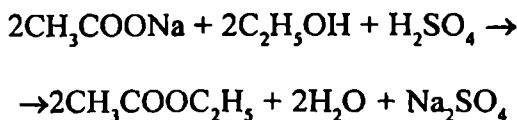
მიკროდიფუზიის მეთოდი დამყარებულია კალიუმის ბიქრომატის ხსნარზე ეთილის სპირტის მოქმედებით ხსნარის მწვანე ან მომწვანო-ნაცრისფერის შეფერილობის მიღებაზე.

ანალიზის მსვლელობა: მიკროდიფუზიისათვის განკუთვნილი ჭურჭლის გარე რგოლურ საკანში შეაქვთ შარდის 0,8 მლ ან ქსოვილის ჰომოგენატის 4 მლ, უმატებენ კალიუმის კარბონატის ნაჯერი ხსნარის 1 მლ-ს; შიგა ცილინდრულ კამერაში შეაქვთ გოგირდმჟავაში მომზადებული კალიუმის ბიქრომატის ხსნარის 2 მლ. ჭურჭელს მჭიდროდ ახურავენ თავს და ტოვებენ 3 სთ-ის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე; ქსოვილის ჰომოგენატის გამოკვლევისას 4 სთ-ის გამნავლობაში 37°C -ზე ან 12 სთ-ის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე. შიგა ცილინდრულ საკანში მწვანე ან მომწვანო-ნარინჯისფერი შეფერილობის მიღება მიუთითებს საკვლევე ობიექტში ეთილის სპირტის არსებობაზე. სინჯი სპეციფიკური არ არის ეთილის სპირტისათვის, რადგან ანალოგიური რეაქცია შეიძლება მოგვეცეს ტუტე გარემოში აქროლადმა ყველა იმ ნივთიერებამ, რომლის დაჟანგვა შესაძლებელია კალიუმის ბიქრომატით.

ეთერიფიკაციის რეაქცია: ბიომასალაში ეთილის სპირტის აღმოჩენის ერთ-ერთი მეთოდია სპირტის ეთერიფიკაცია. დისტილატში სავარაუდოდ არსებული ეთილის სპირტის ეთერიფიკაციისათვის იყენებენ ნატრიუმის აცეტატის ბენზოილქლორიდს. ორივე შემთხვევაში ეთერიფიკაციის პროცესის განხორციელებისათვის საჭიროა გოგირდმჟავას დამატება. პირველ შემთხვევაში წარმოიქმნება ძმარმჟავა

ეთილის ეთერი; მეორე შემთხვევაში ეთილბენზოლი.

ძმარმჟავაეთილეთერის წარმოქმნის რეაქცია. ეთილის სპირტი ნატრიუმის აცეტატთან წარმოქმნის ძმარმჟავაეთილეთერს:



რეაქციის მსვლელობა: სინჯარაში შეაქვთ გამოსაკვლევი დისტილატის ან სხვა რომელიმე გამოსაკვლევი სითხის 1 მლ და გამომშრალი ნატრიუმის აცეტატი 0,1 გ რაოდენობით; სინჯარაში წვეთწვეთობით უმატებენ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავს. ნარევს აცხელებენ პარაფინის ან გლიცერინის აბაზანაზე (დასაშვებია ნარევის გაცხელება ალის ნათურაზე) აირის ბუშტულების გამოყოფამდე; ძმარმჟავაეთილეთერის მახასიათებელი სუნის მიღება მიუთითებს ეთილის სპირტის არსებობაზე საკვლევე ხსნარში. წარმოქმნილი ძმარმჟავაეთილეთერის სუნი განსაკუთრებით მკაფიო და შესამჩნევია, თუ სინჯარაში აღებულ ხსნარს ჩავასხამთ 20–25-ჯერადი მოცულობის წყალში.

აღმოჩენის ზღვარი: 15 მკგ სპირტი 1 მლ ხსნარში.

ეთილბენზოატის წარმოქმნის რეაქცია. ეთილის სპირტის ბენზოილქლორიდთან ურთიერთქმედებით წარმოიქმნება მკვეთრი სუნის მქონე ეთილბენზოატი:



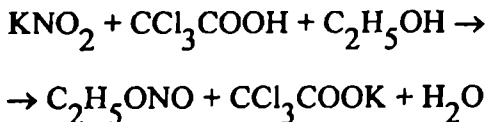
ეთილბენზოატის სუნის გამოცნობას ხელს უშლის ბენზოილქლორიდის სიჭარბე. ჭარბი ბენზოილქლორიდის დაშლისათვის სარეაქციო არეს უმატებენ ტუტეს:



ანალიზის მსვლელობა: 1 მლ საკვლევ ხსნარს უმატებენ 1–2 წვეთ ბენზოილქლორიდს; ხშირი შენჯღრევის პირობებში წვეთწვეთობით უმატებენ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 10%-იან ხსნარს შემხუთველი სუნის გაქრობამდე.

ამ ხერხით ეთილის სპირტის აღმოჩენას ხელს უშლის მეთილის სპირტი, რომელიც ბენზოილქლორიდთან იძლევა ბენზოინომეთილის ეთერს; ეს უკანასკნელი სუნით ეთილბენზოატს ემსგავსება.

ეთილის სპირტის აღმოჩენა სასმელებსა და ხსნარებში. პენიცილინის ბოთლში შეაქვთ ტრიქლორმარმეჟავას 50%-იანი ხსნარის 0,5 მლ; უმატებენ 4% კონცენტრაციამდე განზავებულ 95%-იანი ეთილის სპირტის 0,5 მლ-ს. თავისივე საცობით მჭიდროდ დახურულ ბოთლში შპრიცით შეჰყავთ ნატრიუმის ან კალუმის ნიტრიტის 30%-იანი ხსნარის 0,25 მლ. ნარევს კარგად ანჯღრევენ 1 წთ-ის განმავლობაში. ეთილის სპირტის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს ეთილნიტრიტის წარმოქმნას რეაქციით



მეორე მშრალი შპრიცით იღებენ ბოთლში მოთავსებული

სითხის ზედაპირზე მყოფი ეთილნიტრიტის შემცველი აირის 3 მლ-ს, შეჰყავთ ქრომატოგრაფში და იწერენ ეთილნიტრიტის სორბენტზე შეყოვნების დროს.

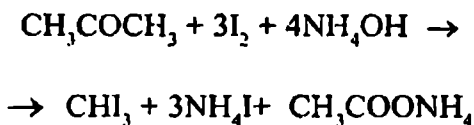
ეტალონური ნივთიერების ქრომატოგრაფირების მსგავსად ატარებენ საკვლევი ხსნარის გამოცდას.

სორბენტზე ნივთიერებათა დაყოვნების დროთა თანხვედრა ნივთიერებათა იდენტურობაზე მიუთითებს ანუ – ეთილის სპირტის არსებობაზე საკვლევ ხსნარში.

2.5.5. აცეტონი

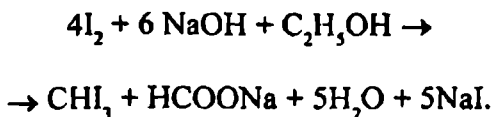
სასამართლო-ქიმიურ ექსპერტიზაში აცეტონის აღმოსაჩენად იყენებენ აცეტონის რეაქციებს იოდის ხსნართან, ფურფუროლთან, ო-ნიტრობენზალდეჰიდთან, აგრეთვე მიკროდიფუზიის მეთოდს.

იოდოფორმის წარმოქმნის რეაქცია. აცეტონის იოდის ხსნართან მოქმედების შედეგად ტუტე გარემოში მიიღება იოდოფორმი;

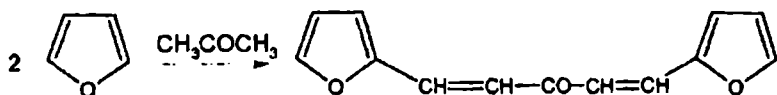


რაქციის მსვლელობა: საკვლევი ხსნარის ერთ მილილიტრს უმატებენ ამიაკის 10%-იანი ხსნარის 1 მლ-ს და იოდის ხსნარის რამდენიმე წვეთს. ხსნარში აცეტონის არსებობისას წარმოიქმნება დამახასიათებელი სუნის მქონე იოდოფორმის ყვითელი ნელექი. აღმოჩენის ზღვარია 0,1 მგ აცეტონი სინჯში.

იოდოფორმის წარმოქმნის რეაქცია არ არის სპეციფიკური აცეტონისათვის, რადგან ტუტე გარემოში იოდოფორმს იძლევა ეთილის სპირტიც:

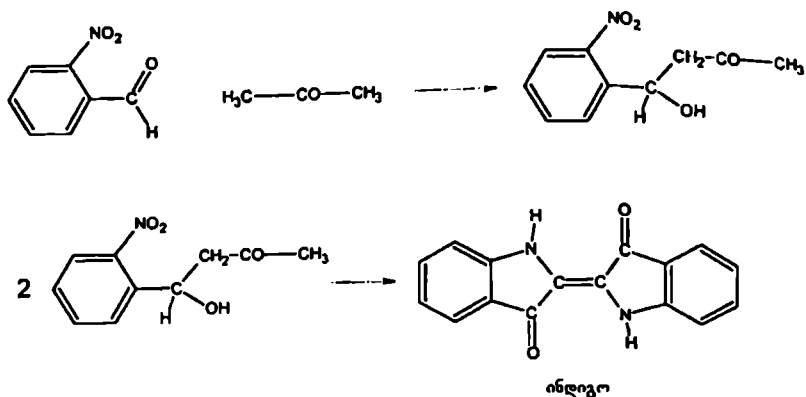


რეაქცია ფურფუროლთან. რეაქცია დამყარებულია აცეტონის თვისებაზე, წარმოქმნას შეფერილი ნაერთი ფურფუროლთან და ზოგიერთ ალდეჰიდთან კონდენსირების გზით



ანალიზის მსვლელობა: საკვლევი ხსნარის 1 მლ-ს უმატებენ ფურფუროლის 1%-იანი სპირტხსნარის (96°-იან სპირტში) 5 წვეთს და ნატრიუმის პიდროქსიდის 10 %-იანი ხსნარის 3 წვეთს. 3–5 წუთის შემდეგ ნარევეს უმატებენ კონცენტრირებული მარილმჟავას 10–12 წვეთს. აცეტონის არსებობის შემთხვევაში ხსნარი იღებს მოწითალო შეფერილობას. რეაქცია სპეციფიკური არ არის აცეტონისათვის, რადგან ანალოგიური რეაქციით ხასიათდება ზოგიერთი ალდეჰიდი და კეტონი.

რეაქცია ნიტრობენზალდეჰიდთან. აცეტონის ურთიერთქმედებით ო-ნიტრობენზალდეჰიდთან ტუტე გარემოში მიიღება ლურჯი შეფერილობის ნაერთი ინდიგო. მცირე რაოდენობით აცეტონის შემცველობის შემთხვევაში ჯერ მიიღება ყვითელი, შემდეგ მოყვითალო მომწვანო და ბოლოს მომწვანო ლურჯი შეფერილობა:



წარმოქმნილი ინდიგოს ექსტრაქცია შესაძლებელია ქლოროფორმით. ექსტრაქტირებულ ინდიგოს აქვს მკვეთრი ლურჯი შეფერილობა.

საკვლეე ნიმუშში აცეტონთან სპირტის თანაობისას ო-ნიტრობენზალდეჰიდთან რეაქცია მიმდინარეობს მოლურჯო-მოწითალო შეფერილობის წარმოქმნით.

აცეტონის აღმოჩენა მიკროდიფუზიის მეთოდით. მიკროდიფუზიისთვის განკუთვნილი ჭურჭლის გარე (რგოლურ) საკანში შეაქვთ საკვლევი სისხლის ან შარდის 3 მლ, ან ქსოვილის პომოგენატის 1 გ და გოგირდმჟავას 10%-იანი ხსნარის 3-4 წვეთი. ჭურჭლის შიგა (ცილინდრულ) ნაწილში — ნატრიუმის სულფიტის ან ჰიდროსულფიტის 0,15 მოლარობის ხსნარის 3,3 მლ. ჭურჭელს მჭიდროდ ახურავენ თავს და აჩერებენ ოთახის ტემპერატურაზე 4 სთ-ის განმავლობაში.

მიკროდიფუზიის დამთავრების შემდეგ ჭურჭლის შიგა საკნიდან იღებენ ხსნარის 1 მლ-ს, გადააქვთ სინჯარაში და ამატებენ 9 მლ გამოხდილ წყალს, ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 40%-იანი ხსნარის 4 მლ-ს, სალიცილის ალდეჰიდის ახლად მომზადებული 20%-იანი სპირტხსნარის (ეთილის სპირტის)

1 მლ-ს და აცხელებენ 50–60 °C-მდე წყლის აბაზანაზე სამი წუთის განმავლობაში; შემდეგ აცივებენ ოთახის ტემპერატურამდე. საკვლე ხსნარში აცეტონის შემცველობის შემთხვევაში ნარევი იღებს წითელ შეფერილობას.

2.5.6. ფენოლი

ფენოლის იზოლირება ბიომასალიდან წარმოებს წყლის ორთქლით გამოხდის გზით. რიგ შემთხვევაში საჭირო ხდება შარდში ფენოლის აღმოჩენა, დადებითი რეაქციის შემთხვევაში – მისი რაოდენობრივი განსაზღვრა. შარდში ფენოლი შეიძლება იყოს როგორც თავისუფალი სახით, ისე კონიუგატების, კერძოდ, სულფატების ფორმით. შარდში არსებული თავისუფალი ფენოლის იზოლირების მიზნით წყლის ორთქლით გამოხდის დაწყებამდე, საჭიროა შარდის წინასწარი შემჟავება ძმარმჟავას სუსტი ხსნარით, შედეგად, ფენოლთან ერთად დისტილატში გვექნება ძმარმჟავას გარკვეული რაოდენობა. ძმარმჟავას მოცილების მიზნით დისტილატს ანეიტრალებენ ნატრიუმის ჰიდროკარბონატით, შემდეგ ახდენენ ორგანული გამხსნელით ფენოლის ექსტრაჰირებას. მიღებულ გამონაწურს იყენებენ ფენოლის აღმოჩენისა და რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის. ფენოლის აღმოჩენისათვის გამოიყენება მესამე დისტილატის ნაწილი. დისტილატს ათავსებენ გამყოფ ძაბრში, რომელსაც უმატებენ ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის ხსნარს სუსტი ტუტე რეაქციის მიღებამდე. ნარევს შეანჯღრევენ 2–3-ჯერ 10–10 მლ დიეთილეთერის ღამატებით. ეთერით გამონაწურს აერთიანებენ და აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე სრულ ამოშრობამდე. მშრალ ნაშთს ხსნიან 2–3 მლ მოცულობის წყალში. მიღებულ ხსნარს ამოწმებენ ფენოლის შემცველობაზე სხვადასხვა რეაქციებით.

რკინის (III) ქლორიდთან რეაქცია. რკინის ქლორიდთან ფენოლი გვაძლევს მოლურჯო-იისფერ შეფერილობას.

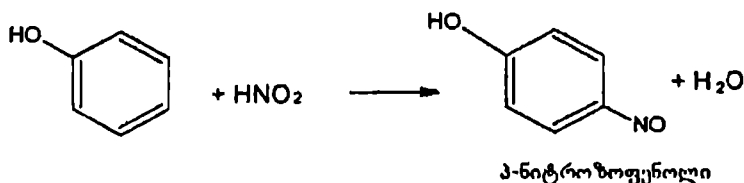
ანალიზის მსკლელობა: მცირე ზომის ფაიფურის ჯამში ათავსებენ საკვლევი ხსნარის 1-2 წვეთს, უმატებენ რკინის (III) ქლორიდის ახლად მომზადებული 5%-იანი ხსნარის 1-2 წვეთს. ფენოლის არსებობის შემთხვევაში ხსნარი იღებს მოლურჯო-იისფერ შეფერილობას, რომელიც კარგავს ფერს წყლის, სპირტის და მჟავას მიმატებით.

ასეთივე შეფერილობას იძლევა რკინის (III) ქლორიდთან ფენოლის ჯგუფის შემცველი სხვა ორგანული ნაერთებიც, რომელთა ფერი და შედგენილობა დამოკიდებულია გამხსნელის და საკვლევი ნივთიერებების ბუნებაზე და გარემოს pH-ზე. ასე, მაგალითად, პ-კრეზოლი რკინის (III) ქლორიდთან იძლევა ლურჯ შეფერვას, მ-კრეზოლი – მოწითალო-იისფერს და სხვ.

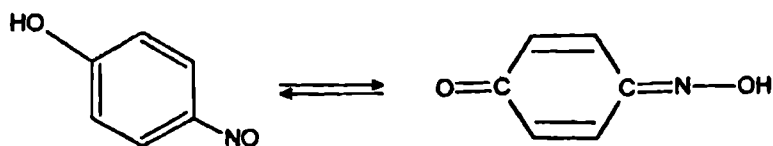
ლიბერმანის რეაქცია. რეაქცია დაიყარებულია ნატრიუმის ნიტრიტთან ფენოლის ურთიერთქმედებით ძლიერ მჟავა გარემოში ინდოფენოლის წარმოქმნაზე. ძლიერი მჟავა გარემოს შექმნა საჭიროა ნატრიუმის ნიტრიტიდან HNO_2 -ის მისაღებად:



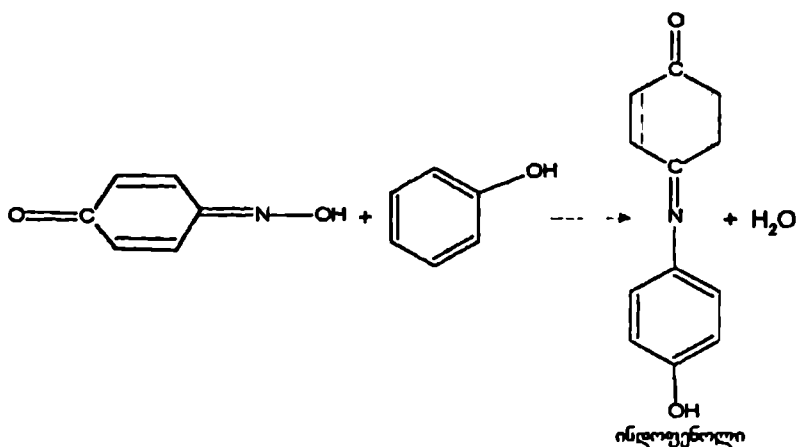
აზოტოვანმჟავას ურთიერთქმედებით ფენოლთან ჯერ წარმოიქმნება პ-ნიტროზოფენოლი რეაქციით



პ-ნიტროზოფენოლი განიცდის იზომერიზაციას, შედეგად წარმოიქმნება პ-ჰინოიდოქსიმი



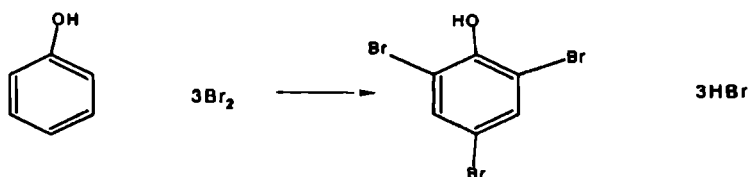
რომელიც ურთიერთქმედებს ფენოლის მეორე მოლეკულასთან ლურჯი შეფერილობის ინდოფენოლის წარმოქმნით



რეაქციის მსვლელობა: საკვლევი ხსნარის 1-2 წვეთი გადააქვთ მცირე ზომის ფაიფურის ტიგელში და აორთქლებენ გამოშრობამდე. მშრალ ნაშთს უმატებენ NaNO_2 -ის კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში ახლად მომზადებული 1%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს და მიღებულ ნარევს აყოვნებენ რამდენიმე წუთს. გაცივების შემდეგ უმატებენ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 4.06 ხსნარს წვეთწვეთობით ტუტე გარემოს

მიღებამდე (რეაქცია ლაკმუსზე). ლურჯი შეფერილობის მიღება და თანამიმდევრობით მისი გადასვლა ჯერ წითელ, შემდეგ მწვანე ფერში, მიუთითებს ფენოლის არსებობაზე სინჯში. ლიბერმანის რეაქციას იძლევა აგრეთვე ფენოლის ეთერები, ტიოფენი, არ იძლევა რეაქციას ნიტროფენოლები და ორჩანაცვლებული ფენოლები.

რეაქცია ბრომიან წყალთან. ფენოლზე ბრომიანი წყლის მიმატებით ადგილი აქვს ნალექის სახით ტრიბრომფენოლის წარმოქმნას:



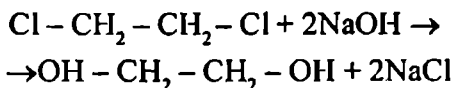
ანალიზის მსკლელობა: საკვლევი ხსნარის 0,5–1,0 მლ-ს ათავსებენ მცირე ზომის ჭურჭელში და უმატებენ 3–5 წვეთ ბრომიან წყალს* ფენოლის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს ტრიბრომფენოლის თეთრი-მოყვითალო ფერის ნალექის წარმოქმნას. ასეთივე რეაქციას იძლევა ზოგიერთი ამინი, ანილინი და კრეზოლი.

* მიზეხილთაიან ჭურჭელში შეაქვთ 3 გ ბრომი და 100 მლ წყალი. ნარეც ინტენსიურად შეაჯღრევნ და ტოვებენ რამდენიმე საათს, სითხის ფენების სრულ გაყოფამდე. ზედა გამჭვირვალე ფენას ათავსებენ მიზეხილთაიან ნარიჯისფერმიანი ჭურჭელში. რეაქტივს ინახავენ სინათლის სხივებისაგან დაცულ ადგილზე.

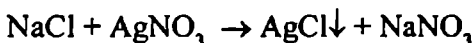
2.5.7. დიქლორეთანი

ბიომასალიდან დიქლორეთანის იზოლირება წარმოებს წყლის ორთქლით გამოხდის გზით. საანალიზოდ აიღება გამოხდის პირველი ულუფა. 1,2-დიქლორეთანის აღმოჩენაზე მოთხოვნის შემთხვევაში ახდენენ 300 მლ მოცულობამდე მიღებული დისტილატის ორჯერად გამოხდას; ჯერ გამოხდიან 200 მლ დისტილატის მიღებამდე, რომელსაც ხელახლა გამოხდიან დეფლუგმატორის მეშვეობით 10 მლ დისტილატის მიღებამდე.

ქლორის ართმევის რეაქცია. დიქლორეთანზე ტუტის მოქმედების შედეგად ადგილი აქვს მოლეკულიდან ქლორის ატომის მოწყვეტას და Cl^- -იონის სახით ხსნარში გადასვლას:



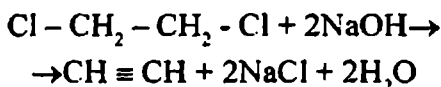
ხსნარში ქლორიონის აღმოჩენა შესაძლებელია ვერცხლის ნიტრატთან რეაქციით, რომლის დროსაც Cl^- -იონის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვთ ვერცხლის ქლორიდის თეთრი ხაჭოსებრი ნალექის წარმოქმნას:



ანალიზის მსვლელობა: 1 მლ მოცულობის ამპულაში შეაქვთ დისტილატის 0,5 მლ და Na_2CO_3 -ის 10%-იანი ხსნარის 0,5 მლ. ამპულას თავს ახურავენ მირჩილვით და ათავსებენ მდუღარე წყალში 1სთ-ის განმავლობაში. გაცივების შემდეგ ამპულას ხსნიან, ხსნარი გადაქვთ სინჯარაში, უმატებენ

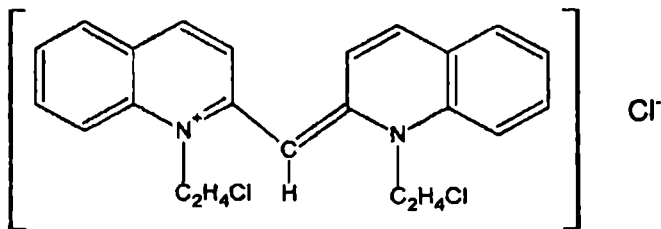
აზოტმჟავას 10%-იან ხსნარს მჟავა გარემოს მიღებადღე^{*} და ვერცხლის ნიტრატის 1%-იანი ხსნარის 3—5 წვეთს. თეთრი ხაჭოსებრი ნალექის ან სიმღვრიეის წარმოქმნა მიუთითებს დიქლორეთანის არსებობაზე ხსნარში. მეთოდი არ არის სპეციფიკური დიქლორეთანისათვის, რადგან ასეთივე რეაქციას იძლევა 1,1 დიქლორეთანი, ოთხქლორიანი ნახშირბადი, ქლოროფორმი, ქლორალჰიდრატი და ბევრი სხვა ქლორორგანული ნაწარმი, რომელთა იზოლირება შესაძლებელია წყლის ორთქლით გამოხდის გზით.

სპილენძის აცეტილენიდის მიღების რეაქცია. დახშულ ამპულაში ნატრიუმის ჰიდროქსიდის და დიქლორეთანის ნარევის გახურებისას ადგილი აქვს აცეტილენის წარმოქმნას რეაქციით



აცეტილენი სპილენძის (I) მარილებთან იძლევა სპილენძის აცეტილენიდს, რომელიც ხსნარს აძლევს ვარდისფერ ან ალუბლისფერ-წითელ შეფერილობას.

რეაქცია ქინოლინთან. ქინოლინთან დიქლორეთანის გაცხელებისას წარმოიქმნება ე.წ. ციანინის საღებავი:



^{*} შემოწმება წარმოებს ღაკმუსით.

ნელი გაცხელებისას ადგილი აქვს მურა-წითლად ხსნარის შეფერვას; სწრაფი გაცხელებისას – ღია-წითელ შეფერვას; ქინოლინთან ანალოგიურ შეფერვას იძლევა პალოგენორგანული ნაწარმები: ქლორეთილი, ბრომეთილი, იოდეთილი. რეაქციას არ იძლევა ნაერთები – ქლოროფორმი, ქლორალჰიდრატი, ოთხქლორიანი ნახშირბადი, 1,1 - დიქლორეთანი.

აღმოჩენი რეაქციებით ქლორორგანული ნაერთების ერთმანეთისგან განსხვავება საკმაოდ რთულია, რაც იმით არის გამოწვეული, რომ ერთი და იგივე რეაქტივზე ერთმანეთის მსგავს რეაქციას იძლევა ერთდროულად რამდენიმე მათგანი. ამდენად, ესა თუ ის რეაქცია, უმეტეს შემთხვევაში, საერთოა ორი და მეტი სახის ქლორორგანული ნივთიერებისათვის, თუმცა არის ისეთიც, რომელიც დამახასიათებელია ერთი რომელიმე კონკრეტული ნივთიერებისათვის. მე-4 ცხრილში მოცემულია ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვანი ქლორორგანული ნაწარმების აღმოჩენი რეაქციები. ცხრილში მოცემული აღმოჩენი რეაქტივის თვისების გათვალისწინებით შესაძლებელია ამა თუ იმ ქლორორგანული ნივთიერების აღმოჩენა.

ქლორორგანული ნივთიერებების აღმოჩენის რეაქცია

რეაქცია	აღმოსაჩენი რეაქცია			
	ქლოროფორმი	ქლორალჰიდრატი	CCl ₄	1,2-დი-ქლორეთანი
ქლორის მოხლეჩა	+	+	+	+
ფუჯივარის რეაქცია	+	+	+	+
იზონიტროლის წარ-ის რეაქცია	+	+	+	
რეაქცია რეზორცინთან	+	+	+	-
ფერინის რეაქტივთან	+	+	-	-
ნესლერთან	-	+	-	-
ეთილენგლიკოლის წარმოქმნა				+
სპილნძის აცეტილენიდის მიღება				+
ქინოლნთან	-	-	-	+
2.7-დიოქსიფტალინთან	+	-	+	-

2.5.8. ფორმალდეჰიდი

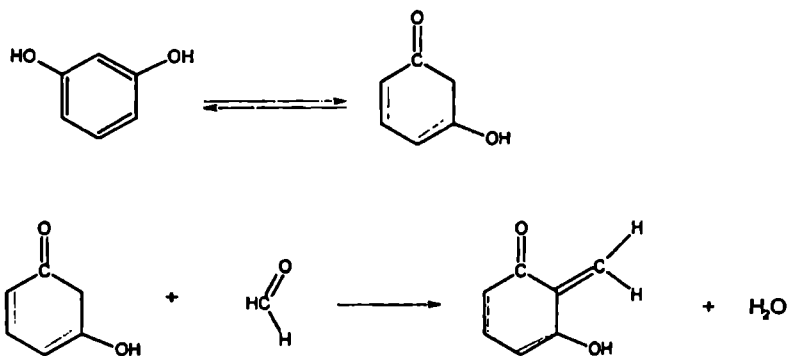
ფორმალდეჰიდის აღმოჩენი რეაქტივებია: რეზორცინი, ფუქსინოგოგირდოვანმჟავა, 1,8 დიოქსინაფტალინი 3,6 დისულფომჟავა და სხვ. სასამართლო-ქიმიური კვლევის ობიექტებია: ფორმალინი, ფორმალინის შემცველი სითხეები (რძე, ჩაი), ფორმალინით შეწამლული მარცვლეული, გვამის შიგა ორგანოები და სხვ.

ფორმალდეჰიდის იზოლირება ბიომასალიდან წარმოებს წყლის ორთქლით გამოხდის გზით. დისტილატში მნიშვნელოვანი რაოდენობით არსებობისას ხსნარი ხასიათდება მძაფრი მხუთავი სუნით.

ფორმალინის მნიშვნელოვანი რაოდენობით არსებობა ბიომასალაში შესაძლებელია გამოწვეული იყოს უკანასკნელის ფორმალინით კონსერვაციის გამო, ამიტომ საჭიროა სასამართლოს მიერ საექსპერტოდ წარმოდგენილი ბიომასალის თანმდევი დოკუმენტაციის გულდასმით გადასინჯვა; საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია შეკითხვის გაგზავნა სასამართლოში იმის გასარკვევად, ადგილი ჰქონდა თუ არა საექსპერტოდ წარმოდგენილი ბიომასალის კონსერვაციას ფორმალინით.

ობიექტში ფორმალინის 10 მგ-ზე მეტი რაოდენობით არსებობისას მისი გადაღენა ხდება გამოხდის პროცესის დასასრულამდე, მცირე რაოდენობით არსებობისას ფორმალინი გვაქვს დისტილატის მხოლოდ პირველ ულუფაში.

რეაქცია რეზორცინთან. ალდეჰიდები ურთიერთქმედებენ რეზორცინის ტაუტომერულ (კეტო) ფორმასთან, რის შედეგად ადგილი აქვს ხსნარის შეფერვას:

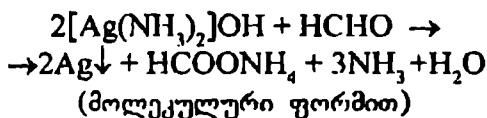
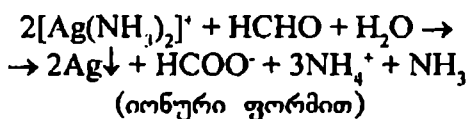


ანალიზის მსვლელობა: დისტილატის 1 მლ-ს ურევნ რეზორცინის 1%-იანი ტუტე ხსნარის 1 მლ-ს. ნარევეს აცხელებენ 3—5 წთ-ის განმავლობაში წყლის აბაზანაზე. ფორმალინის არსებობის შემთხვევაში ხსნარი იღებს ვარდისფერიდან ყოლოსფერ-წითელ ფერს.

ალბოჩენის ზღვარი, 0,03 მკგ ფორმალდეჰიდი სინჯში.

რეზორცინის დატანგვის პროდუქტები გარკვეულ პირობებში თავად იძლევა ვარდისფერ შეფერილობას, რის გამოც აუცილებელია პარალელურად ყრუ ცდის ჩატარება, ტუტე არეში რეზორცინთან რეაქცია არ არის სპეციფიკური ფორმალდეჰიდისათვის, ამიტომ ამ გზით შესაძლებელი ხდება მისი მხოლოდ არარსებობის დამტკიცება საკვლევე ობიექტში. კერძოდ, ფერის არწარმოქმნა მიუთითებს ფორმალდეჰიდის არარსებობაზე ხსნარში.

ვერცხლის იონების აღდგენის რეაქცია (ვერცხლის სარკის რეაქცია). ვერცხლის მარილების ამიაკურ ხსნარში ფორმალდეჰიდი აღადგენს ვერცხლის იონებს და გამოყოფს მას თავისუფალი სახით:



რეაქციის მსვლელობა: ცხიმისაგან კარგად გაწმენდილ სინჯარაში შეაქვთ ვერცხლის ნიტრატის 1%-იანი ხსნარის 5 წვეთი; ხსნარს წვეთწვეთობით უმატებენ 10%-იან ამიაკიან წყალს ნალექის სახით გამოყოფილი AgOH -ის სრულ გახსნამდე $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ -ის წარმოქმნით. მიღებულ ხსნარს უმატებენ საკვლევი ხსნარის 1 მლ-ს და ფრთხილად აცხელებენ ალზე. ფორმალდინის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს „ვერცხლის სარკის რეაქციას“, რომელიც უკეთესად მიმდინარეობს $\text{pH} = 8-9$ მჟავიანობისას. ნარევის სწრაფი და

ძლიერი გახურება ხელს უშლის „ვეცხლის სარკის“ წარმოქმნას, რადგან ამ დროს ვერცხლი გამოიყოფა მურა ფერის ნალექის სახით. ნალექის არწარმოქმნა მიუთითებს ფორმალდეჰიდის არარსებობაზე საკლევ ხსნარში.

ფორმალდეჰიდის გარდა „ვერცხლის სარკის რეაქციას“ იძლევა ალდგენის უნარის მქონე ზოგიერთი სხვა ნოთიერებაც.

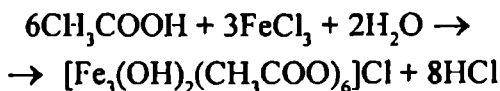
2.5.9. ძმარმჟავა

ძმარმჟავას შემცველობაზე სასამართლო-ქიმიურ გამოკვლევას აწარმოებენ მხოლოდ სპეციალური დაეალების შემთხვევაში ან იმ შემთხვევაში, თუ სასამართლო საქმეში არ არის სპეციალური მითითება ასეთი გამოკვლევის ჩატარების აუცილებლობაზე.

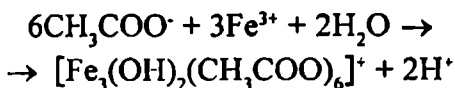
ძმარმჟავას იზოლირებას აწარმოებენ ან ობიექტიდან წყლის ორთქლით გამოხდის გზით ფოსფორმჟავათი, ან გოგირდმჟავათი შემჟავებული ობიექტიდან, ან შემჟავების გარეშე. შემჟავება საჭირო ხდება იმ შემთხვევაში, როდესაც წინასწარ არის ნავარაუდები ობიექტში არა თავისუფალი ძმარმჟავას არსებობა, არამედ მისი არსებობა მარილების სახით.

ძმარმჟავას ამოწვლილვა ბოიძასალიდან შესაძლებელია სპირტით, შემჟავების გარეშე. სპირტით ამონაწვლილს უქმნიან ტუტე გარემოს და აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე სიმშრალემდე. მშრალ ნაშთს შეამჟავებენ ფოსფორის ან გოგირდის მჟავათი და ახდენენ წყლის ორთქლით გამოხდას. ამ გზით მიღებული დისტილატი გაცილებით სუფთაა, მაგრამ მოსალოდნელია ძმარმჟავასთან ერთად სპირტში ხსნადი აცეტატების იზოლირებაც.

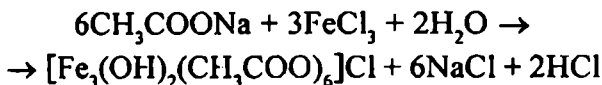
რეაქცია რკინის (III) ქლორიდთან. აცეტატ-იონზე რკინის (III) ქლორიდის მიმატებით ხსნარი იღებს წითელ შეფერილობას, რაც განპირობებულია რკინის ფუძეაცეტატ-იონის წარმოქმნით. ამ დროს ჯერ წარმოიქმნება სამკალენტანი რკინის აცეტატი, შემდეგ კი მისი კომპლექსური მარილი:



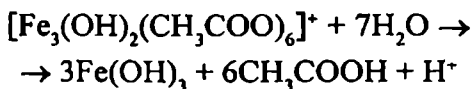
შემოკლებული იონური ტოლობის სახით გვექნება



ანალოგიურად მიმდინარეობს რეაქცია ძმარმჟავას მარილებთან:



ანალიზის მსვლელობა. ზინჯარაში შეაქვთ დისტილატის 2–3 მლ, უმატებენ რკინის (III) ქლორიდის ახალმოზადებული 5%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს. წითელი ფერის წარმოქმნა მიუთითებს აცეტატ-იონების არსებობაზე დისტილატში. გაცხელებით ადგილი აქვს რკინის ფუძე აცეტატის ჰიდროლიზს მურაწითელი ნალექის წარმოქმნით:

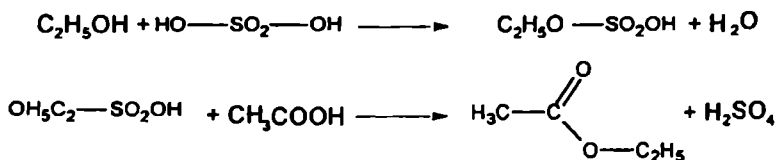


ალმოჩენის ზღვარია 1,25 მკ აცეტატ-იონი 1 მლ ხსნარში.

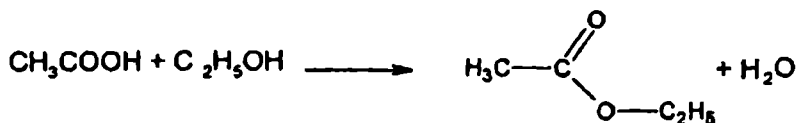
ლანთანის ნიტრატთან და იოდთან რეაქცია. $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ -თან აცეტატ-იონების ურთიერთქმედებით იოდისა და ამიაკის თანაობისას ხსნარი იღებს მუქ ლურჯ შეფერილობას ან წარმოიქმნება ასეთივე შეფერილობის ნალექი. მუქი ლურჯი შეფერილობის მიღება განპირობებულია ლანთანის ფუძეა-ცეტატ-იონის მიერ იოდის ადსორბციით. ასეთივე შეფერილობას იძლევა პროპიონატები. რეაქციას ხელს უშლის სულფატები, ფოსფატები და ის კატიონები, რომლებიც ამიაკთან ნალექს იძლევიან.

ანალიზის მსგელობა: დისტილატის 1 მლ-ს უმატებენ ლანთანის ნიტრატის 5%-იანი ხსნარის 0,5 მლ-ს, ასეთივე მოცულობის 0,25%-იანი იოდის ხსნარს და ამიაკის 25 ხსნარის 5 წვეთს. ხსნარის მუქ ლურჯად შეფერვა ან მოყავისფრო-იისფერი ნალექის მიღება მიუთითებს აცეტატ-იონების არსებობაზე ხსნარში. აღმოჩენის ზღვარია 0,5 მგ 1მლ ხსნარში.

რთული ეთერის წარმოქმნის რეაქცია. აცეტატზე ეთილის სპირტის მოქმედებით გოგირდმჟავას თანაობისას წარმოიქმნება სპეციფიკური სუნის მქონე ნაერთი ძმარმჟავაეთილეთერის (ეთილაცეტატი) სახით. ამ დროს ჯერ წარმოიქმნება გოგირდმჟავაეთილის ეთერი, შემდეგ სპეციფიკური სუნის მქონე ძმარმჟავაეთილის ეთერი:



ან შემოკლებით



რეაქციის მსვლელობა: იღებენ დისტილატის 3–5 მლ-ს, უმატებენ მწვავე ნატრის ხსნარს წვეთწვეთობით ტუტე რეაქციის მიღებამდე ($\text{PH} > 8.5$)*; ხსნარს აორთქლებენ მშრალი ნაშთის მიღებამდე. მიღებულ მშრალ ნაშთს უმატებენ 1 მლ ეთილის სპირტს და 2 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას; ნარევს აცხელებენ. დისტილატში ძმარმჟავას არსებობის შემთხვევაში შეიმჩნევა ძმარმჟავაეთილის ეთერისათვის დამახასიათებელი სუნი. აღმოჩენის ზღვარია 5 მგ 1 მლ დისტილატში.

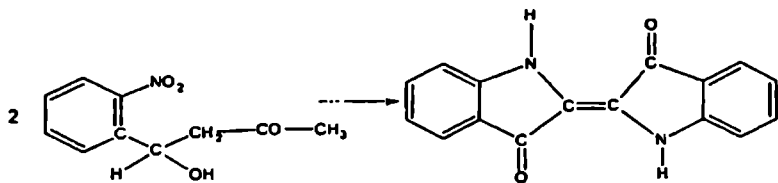
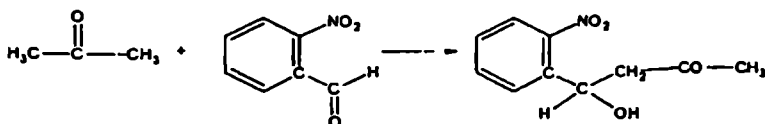
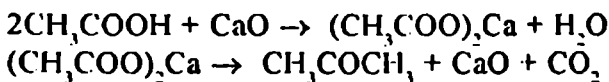
ინდიგოს წარმოქმნის რეაქცია. ამ გზით ძმარმჟავას აღმოჩენა დამყარებულია ძმარმჟავაკალციუმის (კალციუმის აცეტატი) თვისებაზე, გაცხელებით გამოყოფს აცეტონი, რომელიც ო-ნიტრობენზალდეჰიდთან ურთიერთქმედებით საბოლოო პროდუქტის სახით გვაძლევს საღებავ ინდიგოს.

ანალიზის მსვლელობა: სინჯარაში ათავსებენ დისტილატს 3–5 მლ რაოდენობით, უმატებენ კალციუმის ოქსიდისა და კალციუმის კარბონატის ნარევს (მასური ფარდობა $\text{CaO} : \text{CaCO}_3 \downarrow = 1 : 1$). სინჯარის შიგთავსს აორთქლებენ სრულ გაშრობამდე. ამის შემდეგ სინჯარას ახურავენ NaOH -ის 5%-იან ხსნარში ახლად მომზადებული ო-ნიტრობენზალდეჰიდის ხსნარით დასველებული ფილტრის ქაღალდს და მიღებულ მშრალ ნაშთს ახურებენ გავარვარებამდე.

* მჟავიანობის შემოწმებას აწარმოებენ უნივერსალური ინდიკატორული ქაღალდით.

ხსნარში აცეტატ-იონების არსებობის შემთხვევაში ფილტრის ქაღალდზე ჩნდება საღებავ ინდიგოსათვის დამახასიათებელი ლურჯი შეფერილობის ლაქა.

ანალიზის მსვლელობისას ადგილი აქვს რეაქციებს:



ინდიგო

ასეთივე რეაქციას იძლევა ყველა ის ორგანული ნივთიერება, რომლისთვისაც დამახასიათებელია მოლეკულაში CH_3CO -ჯგუფის არსებობა.

ლიტერატურა

1. Яблочкин В. Д., Курпель В.В. Обнаружение хлорпроизводных углеводородов в гнилистозмененном биоматериале. М., 2001.
2. თ. გორდელაძე. სასამართლო მედიცინა. თბლისი, 1998.
3. Леистнер М. Химия в криминалистике. М., 1990.
4. Крамаренко В.Ф. Токсикологическая химия. Киев, 1985.
5. Амелин А. Г. Технология серной кислоты. М., 1983.
6. Будагян Н.Н. Пищевые токсикозы, токсикоинфекции и их профилактика. М., 1980
7. Симеонова Н.М. Пестициды. токсические действия и профилактика. М., 1980.
8. Щербак Ю.К. В помощь судебно-медицинской экспертизе. М., 1978.
9. Швайкова М. Д. Токсикологическая химия. М., 1975.
10. Крамаренко В.Ф., Туркевич Б.М. Анализ ядохимикатов. М., 1975.
11. Колпаков Л. И. Принципы и методы оценки токсичности химических веществ М., 1973.
12. Матыщев К.И. Судебно-медицинская экспертиза отравлений. Л., 1972.
13. Штайнберг М.Л. Отравления дикорастущими растениями. М., 1972.
14. Бобков С.С., Смирнов С.В. Синильная кислота. М., 1970.
15. Волков Г.К. Определение хлорорганических ядохимикатов в организме человека. М., 1969.
16. Милованов М.И. Реактивность организма при действии химических веществ. М., 1968.
17. Краткая химическая энциклопедия. Т.5, 1967.
18. Краткая химическая энциклопедия. Т.4, 1965.

19. Швейкова М.Д. Судебная химия. М., 1965.
20. Вредные вещества в промышленности. Т.1. Т.2. М., 1963.
21. Лос К. Синтетические яды. М., 1963.
22. Белова А.В., Горбачева и др. Руководство к практическим занятиям по судебной химии. М., 1961.
23. Колпаков Л.И. Диагностика и экспертиза трудоспособности при профилактике дерматозов химической этиологии. М., 1959.
24. Швайкова М.Д. Судебная химия. М., 1959.

შინაარსი

I თავი

ტოქსიკოლოგიური ქიმია

1.1. შხამიანი ნივთიერების ცნება	5
1.2. ორგანიზმის მიერ შხამების მიღების გზები . . .	8
1.3. ორგანიზმის მიერ შხამის შეწოვა, განაწილება, შეკავშირება და გამოყოფა სხედასხვა ორგანოების მიერ	9
1.4. ორგანიზმისათვის უცხო ნივთიერებების მეტაბოლიზმი	18
1.5. ორგანიზმისათვის უცხო ნივთიერებათა გარდაქმნის თავისებურება გვამში	29
1.6. შხამების კლასიფიკაცია. მათი გამოყენების სფერო. შხამების ზემოქმედებით გამოწვეული ცვლილებები ორგანიზმში	31
1.6.1. ციანწყალბადმჟეა და მისი მარილები	35
1.6.2. ალდეჰიდები	38
1.6.3. სპირტები	40
მეთილის სპირტი	41
ეთილის სპირტი	42
იზოამილის სპირტი	44
1.6.4. ორგანული მჟეაები	45
1.6.5. ფენოლები და კრეზოლები	45
1.6.6. ორგანული ჰალოგენნაწარმები	48
ქლოროფორმი	48
ოთხქლორიანი ნახშირბადი	50

დიქლორეთანი	51
პექსაქლორანი	53
4.4—დიქლორდიფენილტრიქლორმეთილმეთანი (დღტ)	54
1.6.7. ტეტრაეთილტყვია	55
1.6.8. ბარიუმი	57
1.6.9. თუთია	58
1.6.10. ტყვია	60
1.6.11. მანგანუმი	62
1.6.12. სპილენძი	63
1.6.13. ვერცხლისწყალი	64
1.6.14. ქრომი	66
1.6.15. დარიშხანი	67
1.6.16. ვერცხლი	72
1.6.17. არაორგანული აირადი შხამები	72
გოგირდის დიოქსიდი	72
ნახშირბადის მონოქსიდი	74

II თავი

სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზა

2.1. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ზოგადი დებულებები; დოკუმენტაცია; კვლევის შედეგების შეფასება	81
2.2. სასამართლო ქიმიურ ანალიზში გამოყენებული რეაქტივები და მათზე წაყენებული მოთხოვნები .	84
2.2.1. წყალი	86
2.2.2. გოგირდმჟავა	87

2.2.3. აზოტმეცა	91
2.2.4. ტუტეები და ტუტე ლითონთა ნაერთები	92
ამიაკის წყალხსნარი	92
ნატრიუმის ჰიდროქსიდი	94
კარბონატები	94
ნატრიუმის და ამონიუმის ნიტრატები	95
2.2.5. ეთილის სპირტი	95
2.2.6. დიეთილეთერი	98
2.2.7. ლითონები	99
2.3. ბიომასალის გამოკვლევის ზოგადი პრინციპები	100
2.4. შხამიანი ნივთიერების იზოლირება ბიომასალიდან და მისი თვისებრივი ანალიზი	105
2.5. ნივთიერების იზოლირება ბიომასალიდან წყლის ორთქლით გამოხდის გზით	106
2.5.1. წყლის ორთქლით გამოხდის არსი	106
2.5.2. ციანმეცა და მისი მარილები	114
2.5.3. მეთილის სპირტი	121
2.5.4. ეთილის სპირტი	127
2.5.5. აცეტონი	130
2.5.6. ფენოლი	133
2.5.7. დიქლორეთანი	137
2.5.8. ფორმალდეჰიდი	140
2.5.9. ძმარმეცა	143
ლიტერატურა	148

რედაქტორი	მ. ძიძიგური
ტექ. რედაქტორი	ნ. ცირეკიძე
კორექტორი	ნ. დოლიძე
კომპიუტერული უზრუნველყოფა	ი. მჭედლიშვილი

გადაეცა წარმოებას 12. XII. 2002 წ. ხელმოწერილია
დასაბეჭდად 19. 02. 2003 წ. ქალაქის ზომა
60X84 1/16. ბეჭდის თაბახი 9,5. სააღრიცხვო-საგამომცემლო
თაბახი 7,25. ტირაჟი 100 ეგზ. შეკვეთა №

ფასი სახელშეკრულებო

გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი.
კოსტავას 77