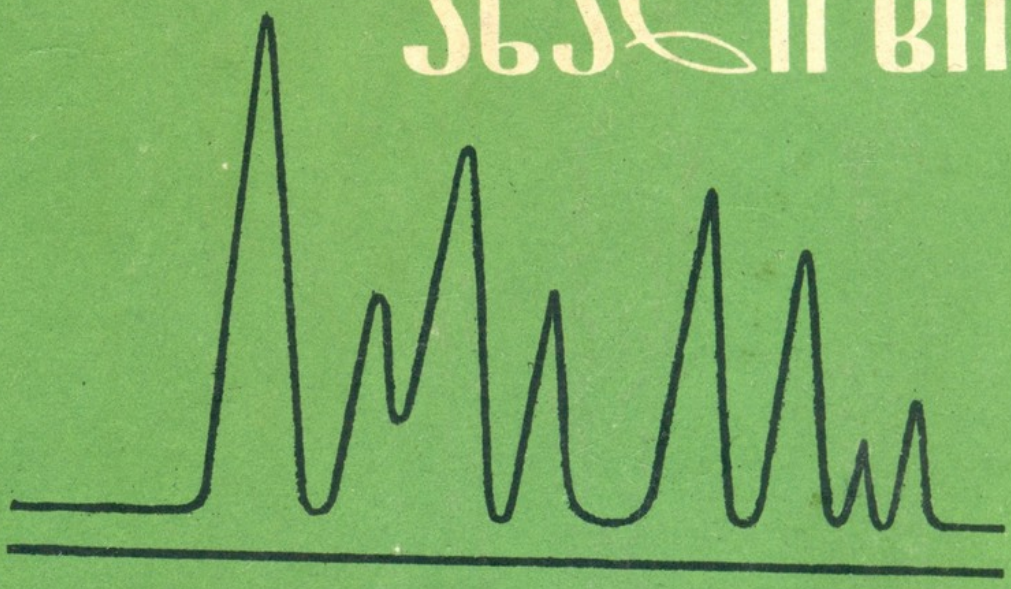
თეიმურ ლლონტი

# ყურძნის ჯიშეებთა ქიმიტოგრაფიული ანალიზი



გამომცემლობა

თემურ ღლონტი

ეროვნული
ბიბლიოთეკა

# ყურძნის პროდუქტთა ქრომატოგრაფიული ანალიზი

საქართველოს სსრ უმაღლესი და საშუალო სპეციალური განათლების სამინისტროს მიერ დამტკიცებულია დამხმარე სახელმძღვანელოდ სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის ტექნოლოგიური ფაკულტეტის სტუდენტებისათვის.

გამომცემლობა „განათლება"
თბილისი — 1976

6 П 8. 5
663. 2 3 6
ღ 7 3 7

ეროვნული
ბიბლიოთეკა

წინამდებარე დამხმარე სახელმძღვანელო — „ყურძნის პროდუქტთა ქრომატოგრაფიული ანალიზი“ განკუთვნილია სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის ტექნოლოგიური ფაკულტეტის სტუდენტებისათვის. იგი დახმარებას გაუწევს კვების პროდუქტთა ტექნოლოგიის ფაკულტეტების სტუდენტებს, აგრეთვე ლაბორანტებს, ასპირანტებსა და მეცნიერ თანამშრომლებს ქრომატოგრაფიის ძირითადი ხერხებისა და მეთოდების დაუფლებაში.

ნაშრომი ეძღვნება ყურძნის პროდუქტთა საანალიზო პრაქტიკაში ქაღალდის, გაზურ-სითხური და თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდების გამოყენების საკითხებს. ნაშრომში აღწერილია ქრომატოგრაფირების ამა თუ იმ სახის ათვისებისა და ჩატარების საშუალებები და ხერხები.

Г $\frac{31709—103}{М—602\ (08)\ 76}$ 188 — 76 © გამომცემლობა „განათლება“, 1976

ეროვნული
ბიბლიოთეკა

# წინასიტყვაობა

ყურძნის პროდუქტები არომატულ ნივთიერებებს მცირე რაოდენობით შეიცავენ. ეს გარემოება ერთგვარად ართულებს ყურძნისა და მისი გადამუშავების პროდუქტების მეცნიერული კვლევის ამოცანას. არომატულ ნაერთთა ექსტრაქციისა და მრავალმხრივი ანალიზის თანამედროვე მეთოდების შექმნამდე არ არსებობდა პრაქტიკული საფუძველი ყურძნის პროდუქტთა ღრმა მეცნიერული კვლევის წარმართვისათვის, ვინაიდან იმ დროისათვის არსებული მეთოდები ამის საშუალებას არ იძლეოდა.

სხვადასხვა სახის ქრომატოგრაფიული მეთოდების შექმნამ და სრულყოფამ მყარი საფუძველი შექმნა ყურძნის პროდუქტთა ფართო მეცნიერული კვლევის გაშლისათვის, რის შედეგადაც შესწავლილ და აღმოჩენილ იქნა ყურძნისა და მისი გადამუშავების პროდუქტების ბევრი არომატული კომპონენტი, დღემდე უცნობი ნივთიერებები. ამ გარემოებამ საგრძნობლად გაამდიდრა ცოდნა ყურძნის პროდუქტთა მდიდარი და რთული ბუნების შესახებ, ამავე დროს ხელი შეუწყო პროდუქტთა ჩამოყალიბებისა და შექმნის ტექნოლოგიური პროცესების რაციონალური სრულყოფის, პროდუქტების დაძველებისა თუ შენახვის დროს მიმდინარე რთული ბიოქიმიური პროცესების სასურველი მიმართულებით წარმართვასა და რეგულირებას.

ყურძნის პროდუქტთა საანალიზო პრაქტიკაში ქრომატოგრაფიული მეთოდების დანერგვა ორგანულად არის დაკავშირებული არომატულ ნაერთთა ექსტრაქციის, დისტილაციისა და პროდუქტებიდან მათი გამოწვლილვის სხვა ხასიათის მეთოდების დახვეწასთან.

ბოლო წლებში ფართოდ დამკვიდრდა კვლევის ისეთი მეთოდების შერწყმა გაზურ-სითხურ ქრომატოგრაფიასთან, როგორიცაა ინფრაწითელი და მასს-სპექტრომეტრია, თხელფენოვანი და ქაღალდის ქრომატოგრაფია, რაც ქმნის უფრო ღრმა და ფართო კვლევის შესაძლებლობას, ისეთი ამოცანების გადაჭრის პირობებს, რომელთა გადაწყვეტა ზოგჯერ ერთი მეთოდით შეუძლებელია.

ყურძნის პროდუქტთა ტექნოლოგიასა და ბიოქიმიაში ქრომატოგრაფიული მეთოდის ფართოდ დანერგვის ისტორია არც თუ დიდ დროს მოიცავს. თავდაპირველად ტექნოლოგებისა და ენოქიმიკოსების

მიერ წარმატებით იქნა ათვისებული ქაღალდის ქრომატოგრაფია, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ყურძნის პროდუქტთა ორგანული თუ არაორგანული ნაერთების კვლევის საქმეში, ხოლო რაც შეეხება ქრომატოგრაფიის ისეთ სახეებს, როგორიცაა გაზურ-სითხური და თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიები, ჩვენს საანალიზო პრაქტიკაში ეს თანამედროვე მეთოდები სრულყოფილად და საფუძვლიანად ჯერ კიდევ არ დამკვიდრებულა.

ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ თუ ჩვენში, ყურძნის პროდუქტთა კვლევის საქმეში გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის დანერგვის ისტორია რამდენიმე წელს ითვლის, თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია საფუძვლიანად მხოლოდ ახლა იკიდებს ფეხს მეღვინეობის საანალიზო პრაქტიკაში.

ჩვენი ენოქიმიური ლაბორატორიები ჯერ კიდევ არ არის სრულყოფილად აღჭურვილი თანამედროვე ქრომატოგრაფიული აპარატურით, რაც საგრძნობლად აფერხებს საკვლევ ლაბორატორიებში ქრომატოგრაფიული ანალიზის მეთოდიკის სათანადო მასშტაბით ათვისებასა და დანერგვას.

მართალია, ქრომატოგრაფიულ მეთოდებს ასწავლიან მომავალ ტექნოლოგებსა და ენოქიმიკოსებს, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ღვინის ტექნოლოგიისა და ბიოქიმიის განვითარების დღევანდელი დონე დღის წესრიგში აყენებს ქრომატოგრაფიული მეთოდების უფრო ფართოდ და სრულყოფილად სწავლების აუცილებლობას, რომლის გარეშეც დღეს წარმოუდგენელია მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების მომზადება.

ამ მიმართულებით დიდ დაბრკოლებას ქმნის ქართულ ენაზე შესაფერისი სახელმძღვანელოს არარსებობა, ხოლო ასპირანტებისა და სამეცნიერო-კვლევითს დაწესებულებებში მომუშავე მეცნიერ-თანამშრომლებისათვის ხშირად ძნელდება მრავალრიცხოვან რუსულ და უცხოურ პერიოდულ გამოცემებში გაფანტული მასალების მოძიება და თავმოყრა.

ამავე დროს ქართულ ენაზე არ არსებობს ყურძნის პროდუქტთა ქრომატოგრაფიული ანალიზის მეთოდური ხასიათის გამოცემები (მხედველობაში თუ არ მივიღებთ ადრეულ გამოცემებში აღწერილ ქაღალდის ქრომატოგრაფიის ორიოდ მეთოდს).

მიუხედავად იმისა, რომ რუსულ და უცხოურ ენებზე ქრომატოგრაფიის დარგში მრავალი მონოგრაფია არსებობს, დამწყებთათვის მათი გამოყენება ყოველთვის იოლი როდია, განსაკუთრებით მაშინ, როცა ამა თუ იმ პირს არა აქვს სპეციალური მომზადება ქრომატოგრაფიაში. ამ ბოლო დროს გამოჩნდა რუსული და უცხოური ენებიდან რუსულად გადმოთარგმნილი ზოგიერთი პრაქტიკული ხასიათის

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გამოცემა, მაგრამ დეფიციტურობის გამო არც თუ ადვილია მათი შოვნა. დღევანდელობამ დღის წესრიგში დააყენა ქართულ ენაზე ისეთი პრაქტიკული სახელმძღვანელოს გამოცემის აუცილებლობა, რომელიც ელემენტარული ფორმით შეიყვანდა დაინტერესებულ პირს მეტად აუცილებელი ცოდნის სამყაროში.

სწორედ ზემოაღნიშნულმა გარემოებებმა განაპირობა წინამდებარე ნაშრომის მომზადება, მეღვინეობაში დამკვიდრებული ქრომატოგრაფიული მეთოდების თავმოყრა თანამედროვე მიღწევათა და სიახლეთა გათვალისწინებით.

ნაშრომი შედგება სამი ძირითადი განაკვეთისაგან: I — ქაღალდის ქრომატოგრაფია; II — გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფია და III — თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია. თითოეული მათგანი ზოგადსა და სპეციალურ ნაწილებს აერთიანებს. ზოგად ნაწილში დახასიათებულია ანალიზის ჩატარების ხერხები და საშუალებები, აპარატურა, საჭირო მოწყობილობა და დამხმარე მასალები, ანალიზის ჩატარების ტექნიკა და პირობები, თვისობრივი და რაოდენობრივი განსაზღვრის მეთოდები და სხვ. სპეციალურ ნაწილში კი აღწერილია ყურძნის პროდუქტებში ორგანულ ნაერთთა ქრომატოგრაფიული კვლევის მეთოდები.

ნაშრომის შედგენისას შევეცადეთ არ დაგვერღვია თანაფარდობა ზოგადსა და სპეციალურ ნაწილებს შორის, მაგრამ აუცილებელ საკითხთა წრის სიფართოვემ მოითხოვა ზოგადი ნაწილის რამდენადმე გაზრდა. ვრცელი გამოვიდა „გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის“ ზოგადი ნაწილი, რაც უმთავრესად ქრომატოგრაფიის ამ სახის სპეციფიკურობით აიხსნება. მეტად ფართოა საკითხთა წრე, რომელთა ცოდნის გარეშე შეუძლებელია გაზურ-ქრომატოგრაფიული ანალიზის ჩატარება. ქრომატოგრაფის სამუშაოდ მომზადება, საკვლევი ნიმუშის საანალიზოდ მომზადება, ქრომატოგრაფირების შედეგების შეფასება მრავალ ისეთ საკითხს მოიცავს, რომელთა დაუფლების გარეშე შეუძლებელია ქრომატოგრაფის მომზადება ანალიზისათვის, ყურძნის ამა თუ იმ პროდუქტის მომზადება ქრომატოგრაფირებისათვის, მიღებული შედეგების გაშიფრვა, ცალკეულ კომპონენტთა იდენტიფიცირება და რაოდენობრივი გამოანგარიშება.

ზოგადი ნაწილის გაზრდა განაპირობა იმანაც, რომ ქართულ ენაზე არ მოგვეპოვება ლიტერატურა გაზურ-სითხური და თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის საკითხებზე.

ამა თუ იმ ნაერთთა ანალიზის მეთოდის აღწერის დროს ქრომატოგრაფიული დაყოფის პირობების ჩამოთვლისას ჩვენ დავკმაყოფილდით ქრომატოგრაფიული ანალიზის მხოლოდ ძირითადი მონაცემების მითითებით, რაც სავსებით საკმარისი უნდა იყოს მკვლევარისათვის საწყის ეტაპზე ორიენტირების მიზნით. ხშირად მკვლევარი კონკრე-

ტულ შემთხვევაში თვითონვე შეარჩევს ქრომატოგრაფიული დაყოფის პირობების ოპტიმალურ ვარიანტს. უმთავრესად ეს ეხება ქაღალდის, უძრავი თხევადი ფაზის, მყარი გადამტანისა თუ ადსორბენტის, გადამტანი გაზის სიჩქარის, ტემპერატურული რეჟიმის პირობებისა და სხვათა შერჩევას იმ მასალების გამოყენების საშუალებით, რომლებზედაც მკვლევარს მოცემული მომენტისათვის ხელი მიუწვდება და საკვლევი ობიექტი ამის საშუალებას იძლევა.

ნაშრომში ზემოაღნიშნულ საკითხებთან დაკავშირებით მოყვანილია ბიბლიოგრაფიული მასალა, რაც ვფიქრობთ, დახმარებას გაუწევს მკვლევარებს კონკრეტულ საკითხებზე მუშაობის დროს.

ეროვნული
ბიბლიოთეკა

# შესავალი

ორგანულ და არაორგანულ რთულ შენარევთა ცალკეულ კომპონენტებად დაყოფის ერთ-ერთ საშუალებად ითვლება ანალიზის ქრომატოგრაფიული მეთოდი (ქრომატოგრაფია).

სიტყვა „ქრომატოგრაფია" პირველად ცნობილმა რუსმა ბოტანიკოსმა მ. ს. ცვეტმა იხმარა. იგი ბერძნული სიტყვაა და შედგება ორი ნაწილისაგან: Χρωμα ნიშნავს ფერს, ხოლო γραφω — ვწერ, აღვწერ.

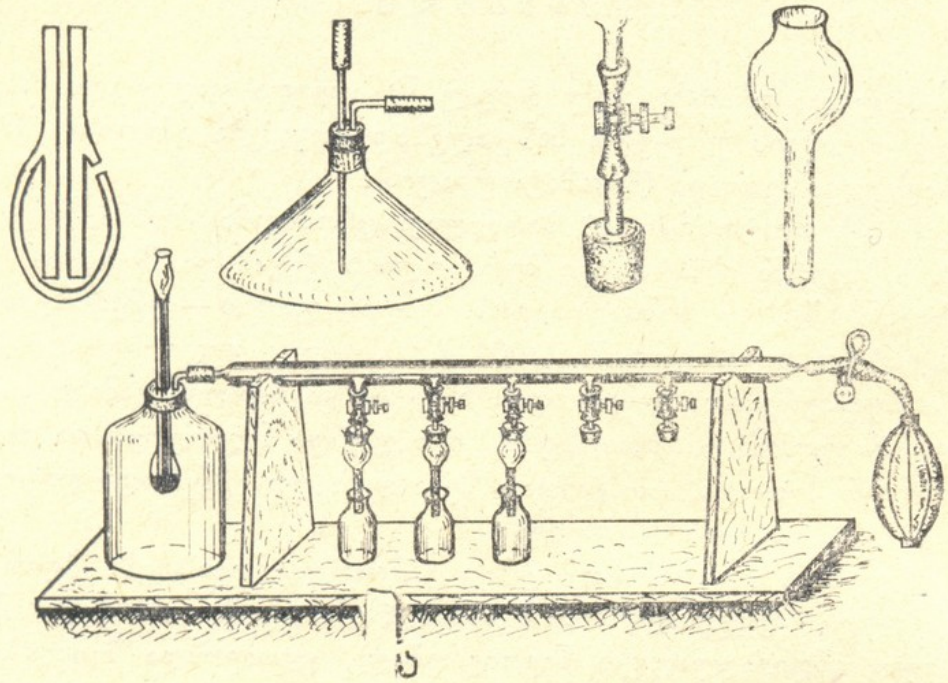
სამაგისტრო დისერტაციაში (1901 წ.) მ. ცვეტი დიდი ყურადღებით არჩევდა ნივთიერებათა გამოყოფის სხვადასხვა მეთოდს, ამავე დროს ყურადღებას უთმობდა ადსორბციას. იგი ეძებდა ნივთიერებათა დაყოფის ფიზიკურ მეთოდს, რომლითაც შესაძლებელი იქნებოდა დაყოფილიყო ყველაზე რთული შენარევები.

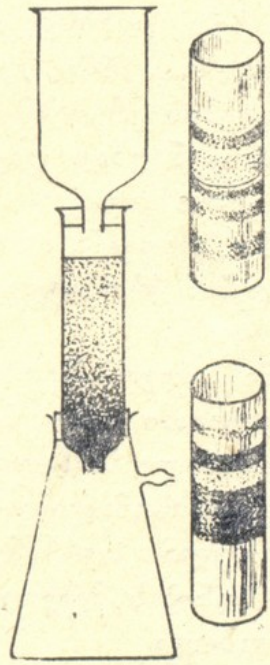
1903 წელს მ. ცვეტი, რომელმაც გამოთქვა მოსაზრება ქლოროფილის რთული შედგენილობის შესახებ (მანამდე ქლოროფილი მიჩნეული იყო ინდივიდუალურ ნივთიერებად), ცდილობდა შეემუშავებინა ქლოროფილის კომპონენტთა გაყოფის ისეთი მეთოდი, რომლის დროსაც შემადგენელი ინდივიდუალური ნივთიერებები ცვლილებებს არ განიცდიდნენ. ძიებამ მალე შედეგიც გამოიღო. 1906 წელს მ. ცვეტმა მოსკოვის ბუნებისმეტყველთა საზოგადოების კრებაზე გააკეთა მოხსენება ქლოროფილის შემადგენელ კომპონენტებად დაყოფის შესახებ და ამით წერტილი დაუსვა ვერსიას ქლოროფილის გაუყოფლობის თაობაზე. ამავე კრებაზე მ. ცვეტმა წარმოადგინა რთულ ნივთიერებათა გაყოფის ახალი მეთოდი, რომელსაც მან ქრომატოგრაფიული უწოდა.

ახალი მეთოდის მარტივი ვარიანტი შემდეგში მდგომარეობდა: მინის მილში (სვეტში) თავსდებოდა წვრილმარცვლოვანი ადსორბენტი და შიგ ისხმებოდა რომელიმე გამხსნელში გახსნილი საანალიზო ნაზავი. რამდენიმე ხნის შემდეგ სვეტში ატარებდნენ რომელიმე ინდიკატორს, რის შემდეგაც მინის მილში ჩატვირთული სორბენტის ფენა სხვადასხვაგვარად იფერებოდა ცალკეული ზონების მიხედვით. თითოეული ზონა ცალკეულ ნივთიერებას შეესაბამებოდა.

სპექტროგრამის ანალოგიით, მიღებულ ნაირფერად ზოლს მ. ცვეტმა ქრომატოგრამა უწოდა, ხოლო თვით ნაზავის გაყოფის მეთოდს — ქრომატოგრაფიული [85]. შრომაში მ. ცვეტმა აღწერა ქრომატოგრაფიული მოწყობილობა სხვადასხვა 2 — 3 მმ დიამეტრისა და 30 — 40 მმ სიგრძის მქონე ქრომატოგრაფიული სვეტებით, შესასვლელში

0,5 ატმოსფერული წნევით და დაწვრილებით დაახასიათა მაღალეფექტური სვეტების დამზადების ხერხები, აღნიშნა მთელ რიგ შემთხვევებში იმ ადსორბენტების გამოყენების აუცილებლობა, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათს ზედაპირზე ჰიდროლიზისა და დაჟანგვა-აღდგენითი რეაქციების ჩატარების შესაძლებლობას.





სურ. 1. ა) პირველი ქრომატოგრაფიული მოწყობილობა; საერთო ხედი; ბ) პირველი ქრომატოგრაფი და პირველი ქრომატოგრამა.

1910 წელს მ. ცვეტი აქვეყნებს შრომას „Хлорофиллы в растительном и животном мире“, რომელიც მისი რუსული სადოქტორო დისერტაციაა. ამ ნაშრომში მ. ცვეტმა არსებითად განავითარა თავისივე ქრომატოგრაფიული მეთოდის თეორია.

ზემოაღნიშნული შრომის საფუძველზე მ. ცვეტმა 1910 წლის 28 ნოემბერს ვარშავის უნივერსიტეტში ბრწყინვალედ დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია ბოტანიკის დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად.

სადოქტორო შრომაში მ. ცვეტს მოჰყავს 126 სხვადასხვა ადსორბციული რიგი. განსაკუთრებული ყურადღებით იხილავს მ. ცვეტი თავ-

ეროვნული ბიბლიოთეკა

დაპირველად ნარევების კომპონენტთა ფრონტალური გაყოფის, ხოლო შემდეგ გადაადგილების, გამხსნელის ნაკადის საშუალებით სორბენტებული ნივთიერებების გამორეცხვის პროცესების მექანიზმს.

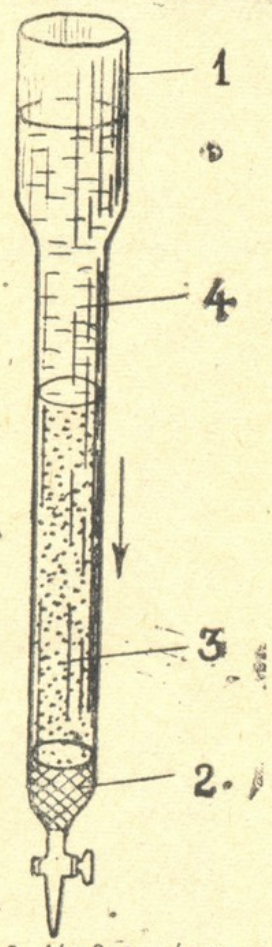
1911 წელს რუსეთის აკადემიამ მ. ცვეტის ზემოაღნიშნული ნაშრომი განსაკუთრებულად აღნიშნა და მისი ავტორი პრემიით დააჯილდოვა.

მ. ცვეტის მიერ აღმოჩენილი ქრომატოგრაფიული მეთოდი კარგა ხნის მანძილზე მცირედ გამოიყენებოდა. მხოლოდ ე. ლიდერერის, რ. კუნისა და ა. ვინტერშტაინის სამუშაოს შემდეგ (1931 წ.) ამ მეთოდმა დაიკავა ღირსეული ადგილი მეცნიერული კვლევის დარგში, რის შემდეგაც დაიწყო და დღესაც წარმატებით ვითარდება ქრომატოგრაფია. ახლა იმდენად ფართოდ განვითარდა ქრომატოგრაფიული მეთოდი, რომ მეცნიერების ბევრი დარგის წინსვლა და აღმავლობა წარმოუდგენელიცაა ქრომატოგრაფიის გარეშე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ქრომატოგრაფიული მეთოდის არსი და ქრომატოგრაფიის სახეები

ნივთიერებათა ქრომატოგრაფიულ გაყოფას საფუძვლად უდევს შენარევთა ცალკეული კომპონენტების სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, როგორიცაა განსხვავება წარმოქმნილ ნალექთა ხსნადობაში, ორ ერთმანეთში შეურეველ სითხეში ნარევის კომპონენტთა სხვადასხვაგვარად განაწილების უნარი, მყარი და თხევადი ფაზების ზედაპირზე ნარევის კომპონენტთა ადსორბცია და ა. შ. ნარევის კომპონენტთა გაყოფაში მონაწილეობას ღებულობს ორი ფაზა — მყარი და თხევადი, მყარი და გაზისებრი და სხვ.




სურ. 2. ქრომატოგრაფიული სვეტი.
1—მინის მილი; 2—მინის ბამბის ტამპონი; 3—სორბენტი; 4—საანალიზო ხსნარი.

სორბციის, დალექვის, იონური გაცვლის, სხვადასხვა შემადგენლობის ფაზებს შორის ნივთიერებათა განაწილების პროცესები მიმდინარეობს განუწყვეტლივ, თანმიმდევრული მრავალჯერადი განმეორების გზით. ამგვარი პროცესი ხორციელდება ქრომატოგრაფიულ სვეტში (სურ. 2). საანალიზო ნარევი, ხსნარის სახით (თხევადი ფაზა) იფილტრება სვეტში, რომელიც შეიცავს სორბენტის (მყარი ფაზა) შრეს. ყოველი ნივთიერება ადსორბირდება განსაზღვრულ უბანზე და ამგვარად წარმოიქმნება ადსორბციის ზონები (პირველადი ანუ ფრონტალური ქრომატოგრამა). სუფთა გამხსნელით სვეტის შემდგომი ჩარეცხვისას მიიღება გამჟღავნებული ქრომატოგრამა, რაც იმას ნიშნავს, რომ საქმე გვაქვს ნარევის კომპონენტთა დაყოფასთან.

ქრომატოგრაფიულ მეთოდს გაყოფის სხვა მეთოდებთან შედარებით მთელი რიგი უპირატესობები აქვს, კერძოდ, ამ მეთოდით შეიძლება:

ა) გაიყოს ნებისმიერი ბუნების გაზისებრი და თხევადი ნაერთები; ბ) ანალიზისათვის გამოვიყენოთ საანალიზო ნიმუში დიდი და [illegible] ყველაზე მცირე რაოდენობითაც კი; გ) გაყოფისათვის გამოვიყენოთ ნაერთები, რომლებიც ძლიერ ახლოს დგანან ერთმანეთთან შედგენილობით, აღნაგობითა და თვისებებით; დ) მიღწეულ იქნას გაყოფის უმაღლესი ხარისხი; ამასთან ერთად, ქრომატოგრაფიული მეთოდი მეტად მარტივია შესრულების თვალსაზრისით, რაც ერთობ მნიშვნელოვანი ფაქტორია საანალიზო პრაქტიკაში.

ანალიზის ქრომატოგრაფიულ მეთოდს დიდი მნიშვნელობა აქვს, რომელსაც ფართოდ იყენებენ არა მარტო ლაბორატორიულ პრაქტიკაში, არამედ მრეწველობაშიც.

ქრომატოგრაფიული პროცესი წააგავს ექსტრაქციასა და დისტილაციას, როცა ნიმუშის კომპონენტები ნაწილდებიან ორ ფაზას შორის. გაყოფის მრავალი ფიზიკური მეთოდებისაგან ქრომატოგრაფიული მეთოდი განსხვავდება იმით, რომ ამ უკანასკნელის დროს ერთი ფაზა უძრავია, მეორე კი მოძრაობს.

ამა თუ იმ ქრომატოგრაფიული მეთოდის ზუსტი სახელწოდება დამოკიდებულია გამოყენებული ფაზების აგრეგატულ მდგომარეობაზე.

მოძრავი ფაზა შეიძლება იყოს როგორც თხევადი, ისე გაზისებრი, ხოლო უძრავი ფაზა თხევად ან მყარ ნივთიერებას წარმოადგენს. ოთხი შესაძლებელი კომბინაცია განაპირობებს ოთხი სახის ქრომატოგრაფიის არსებობას:

1. თხევად-ადსორბციული ქრომატოგრაფია;
2. თხევად-განმანაწილებელი ქრომატოგრაფია;
3. გაზურ-ადსორბციული ქრომატოგრაფია;
4. გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფია.

გაზური ქრომატოგრაფია, რომელიც შეიძლება იყოს გაზურ-ადსორბციული და გაზურ-სითხური, წარმოადგენს აქროლად კომპონენტთა ნარევების გაყოფისა და განსაზღვრის მეთოდებს.

ქრომატოგრაფიას ა დ ს ო რ ბ ც ი უ ლ ს უწოდებენ იმისათვის, რომ საანალიზო ნარევის კომპონენტთა გაყოფა ხორციელდება სვეტში მყარი ადსორბენტის ნაწილაკებზე მათი ადსორბციის შედეგად. ხოლო გ ა ნ მ ა ნ ა წ ი ლ ებ ე ლ ი ქრომატოგრაფიას იმიტომ ეწოდება, რომ ნარევის კომპონენტთა გაყოფის პროცესში მიმდინარე მოვლენებს საფუძვლად დაედო ნივთიერებათა განაწილება ორ ფაზას შორის.

ვინაიდან გაზურ-სითხური და ქაღალდის ქრომატოგრაფიები ემყარება ორ ერთმანეთში შეურეველ გამხსნელს შორის საკვლევი ხსნარის ცალკეული კომპონენტების განაწილების კოეფიციენტთა სიდიდეებს

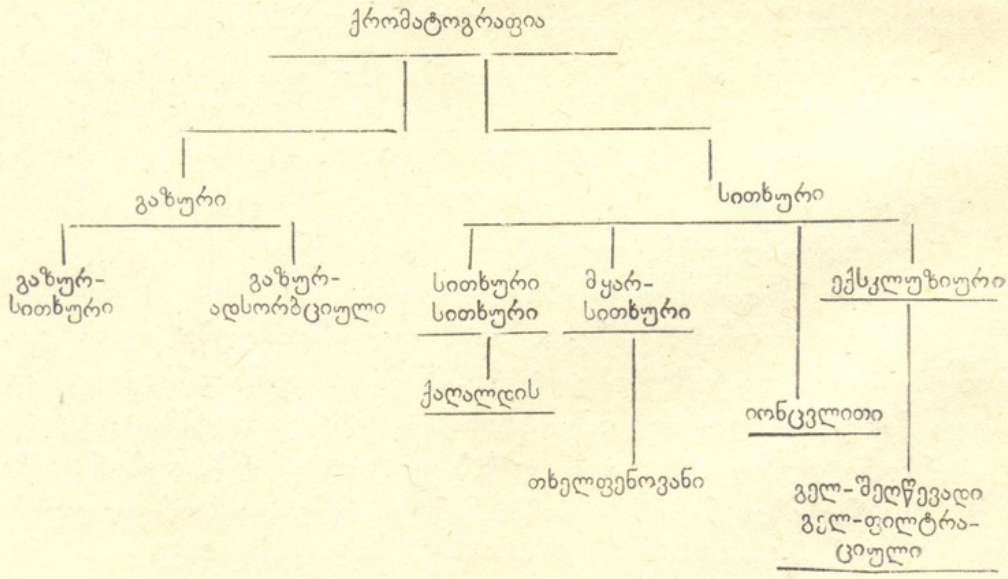
შორის განსხვავებას, ამიტომ ქრომატოგრაფიის ამ ორ სახეს განმანაწილებელი ქრომატოგრაფიის სახელწოდებით აერთიანებენ.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

განმანაწილებელი ქრომატოგრაფიის დროს გადამტანი იყენებთ ერთ-ერთი გამხსნელით, რომელსაც „უძრავ გამხსნელს“ უწოდებენ. მეორე გამხსნელს კი ატარებენ სვეტში, მას „მოძრავი გამხსნელი“ ეწოდება. უძრავ გამხსნელად უფრო მეტად იღებენ პოლარულ ხსნარებს, ხოლო მოძრავ გამხსნელად — ნაკლებ პოლარულს, ისეთს, რომელიც არ ერევა პირველს.

განმანაწილებელ ქრომატოგრაფიისათვის გამოყენებულ გადამტანთა რიცხვი მეტად შეზღუდულია. მეტ-ნაკლებად დამაკმაყოფილებელი თვისებების მქონეა ისეთი გადამტანები, როგორიცაა სპეციალურად მომზადებული სილიკაგელი, გასუფთავებული სახამებელი, ცელულოზა. გადამტანებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ფილტრის ქაღალდს.

ნ. ჰადენი და სხვები [36] ქრომატოგრაფიული მეთოდების სახეთა ქვემომოყვანილ დაყოფას გვთავაზობენ:




## გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფია

გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის დროს კომპონენტთა განაწილება ხორციელდება გაზისებრ და თხევად ფაზებს შორის. უძრავ ფაზად გამოყენებულია სითხე, რომელიც დატანილია მყარ ინერტულ გადამტან ფაზაზე. მოძრავი ფაზა კი გადამტანი გაზია, რომელიც წარი-

ტაცებს საკვლევ ნივთიერებას. გადამტანი გაზის სვეტში გატარების დროს მიმდინარეობს საკვლევი ნივთიერების კომპონენტთა განაწილება უძრავ ფაზაზე და მათი თანმიმდევრული გადაადგილება სვეტში გადამტანი გაზის მეშვეობით.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

სვეტში გადამტანი გაზის გაშვებისას რთული ნარევის გაყოფა ფაზებს შორის საანალიზო ნაერთთა განაწილების კოეფიციენტით განისაზღვრება.

გადამტანი გაზი არ უნდა იხსნებოდეს უძრავ ფაზაში და არ უნდა ადსორბირდებოდეს მყარი გადამტანის ზედაპირის მიერ. გადამტან გაზად ხშირ შემთხვევაში ხმარობენ წყალბადს, ჰელიუმს, არგონს, აზოტსა და სხვ.

მყარი გადამტანის დანიშნულებაა გაანაწილოს თხევადი ფაზა თავის ზედაპირზე. იგი ჩვეულებრივ წარმოადგენს ინერტულ ფოროვან მყარ ნივთიერებას. გადამტანის ნაწილაკთა სიდიდე გავლენას ახდენს სვეტის ეფექტურობაზე. ჩვეულებრივ მყარი გადამტანის მასალად გამოყენებულია საკმაოდ მცირედ მიკროფოროვანი ნივთიერება. ეს აუცილებელია იმისათვის, რომ გამოირიცხოს მყარი სხეულის ზედაპირის მიერ საანალიზო ნაერთთა ადსორბცია. არსებობს მყარი გადამტანების მეტად ფართო ასორტიმენტი, კერძოდ, იყენებენ ისეთ მასალებს, როგორიცაა სხვადასხვა მარკის წვრილფოროვანი აგური, კაოლინი, ინფუზორული მიწა და სხვ.

თხევადი ფაზა წარმოადგენს შედარებით არამქროლავ (სვეტის ტემპერატურის პირობებში) სითხეს, რომელიც შთანთქმულია მყარი გადამტანის მიერ და წარმოადგენს საანალიზო ნიმუშისათვის გამხსნელს. კომპონენტთა გაყოფა დამოკიდებულია ნივთიერებათა აქროლადობის უნარიანობაზე თხევად ფაზაში.

გაზურ-სითხურ ქრომატოგრაფიაში უძრავ ფაზად იგულისხმება მხოლოდ თხევადი ფაზა მყარი გადამტანის გარეშე. გაზურ-ადსორბციულ ქრომატოგრაფიაში უძრავ ფაზას უწოდებენ აქტიურ მყარ სხეულს.

აღსანიშნავია, რომ უძრავ ფაზად გამოყენებული თხევადი ნაერთები უნდა იყოს ქიმიურად ინერტული როგორც საანალიზო ნარევის კომპონენტთა, ისე მყარი გადამტანის მიმართ. გარდა ამისა, იგი უნდა ხასიათდებოდეს მაღალი სელექტურობით, მცირე სიბლანტით, უმნიშვნელო აქროლადობით, თერმულად საკმაოდ მყარი უნდა იყოს და მტკიცედ ჩერდებოდეს მყარი გადამტანის ზედაპირზე.

მიუხედავად უძრავ ფაზად გამოყენებული თხევადი მასალებისადმი წაყენებული დიდი მოთხოვნებისა, ცნობილია მრავალი, ქრომატოგრაფიისათვის გამოსადეგი ეფექტური მაღალმოლეკულური ორგანული თხევადი მასალა.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ყოველ მყარ სხეულს აქვს ამა თუ იმ ხარისხის ადსორბციული თვისებები, ე. ი. შესწევს უნარი შთანთქას აირები და მასში გახსნილი ნაერთები. შთანთქმის ხასიათი დამოკიდებულია ადსორბენტის წინასწარი დამუშავების ხერხსა და თვით აქტიური ზედაპირის სტრუქტურაზე, უფრო მეტად კი — ადსორბირებული ნივთიერების ბუნებაზე.

მოლეკულურ-ადსორბციული ქრომატოგრაფია ფართოდ გამოიყენება გაზურ ქრომატოგრაფიაში, რომელიც ამჟამად ძირითადი მეთოდია რთული ნარევი აირების ანალიზისას (ნავთობის, გაზისა და კოქსოქიმიურ მრეწველობაში). ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება კვების, საპარფიუმერიო და ფარმაცევტულ მრეწველობაში. დიდი გამოყენება პოვა გაზურ-ადსორბციულმა ქრომატოგრაფიამ ორგანული სინთეზის მრეწველობის განვითარებაში.

გაზური ქრომატოგრაფიის მნიშვნელოვან თავისებურებად ითვლება ის, რომ მისი მეშვეობით შესაძლებელი ხდება განვსაზღვროთ სხვადასხვაგვარ პროდუქტებში არსებული მიკროშენარევები. არსებული მეთოდიკის მეშვეობით შესაძლებელია განვსაზღვროთ ისეთი მინარევები, რომელთა რაოდენობა ამა თუ იმ ნაერთში $10^{-4}$ — $10^{-8}$%-ია. გაზური ქრომატოგრაფიის გამოყენებით შესაძლებელია მივიღოთ ზედმიწევნით სუფთა კომპონენტები.

## სითხურ-სითხური ქრომატოგრაფია

სითხურ-სითხური ქრომატოგრაფიის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ საანალიზო ნივთიერება ხვდება უძრავ და მოძრავ თხევად ფაზებს შორის განაწილების მეშვეობით. ამ მეთოდის აუცილებელი პირობაა ის, რომ უძრავი თხევადი ფაზა არ იხსნებოდეს მოძრავ თხევად ფაზაში. ჩვეულებრივ, უძრავ თხევად ფაზად გამოყენებულია წყალი, ხოლო მოძრავ ფაზად — ორგანული გამხსნელები.

ქ ა ღ ა ლ დ ი ს ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი ა სითხურ-სითხური ქრომატოგრაფიის ერთ-ერთი სახეა, რომელიც ემყარება საკვლევი ხსნარის ნივთიერების სხვადასხვა სისწრაფით გადაადგილებას ერთმანეთში უხსნადი ორი სითხისაგან შემდგარ ნაზავით გაჟღენთილ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე. ნაზავის ერთი კომპონენტია უძრავი ფაზა — წყალი, რომელიც კავდება ცელულოზის ბოჭკოების მიერ, მეორე კი მოძრავი ფაზაა. საანალიზო ხსნარის კომპონენტთა გადაადგილება და განაწილება ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე ხორციელდება მოძრავი ფაზის მეშვეობით.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

მყარ-სითხური ქრომატოგრაფია ადსორბციულ ქრომატოგრაფიას განეკუთვნება. ქრომატოგრაფიის ამ სახის დროს საანალიზო ნივთიერების კომპონენტები სვეტიდან გამოიდევნება მოძრავი ფაზის მეშვეობით. სვეტი იტვირთება ისეთი ადსორბენტებით, როგორიცაა სილიკაგელი, ალუმინის ჟანგი, მოლეკულური საცრები, ფოროვანი მინა.

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია არსებითად მყარ-სითხურ ქრომატოგრაფიას განეკუთვნება. ამ შემთხვევაში შეიძლება წარმოვიდგინოთ სვეტი, რომელიც ერთპირად არის გაჭრილი და გაშლილია თხელ ფირფიტად. სვეტის სილიკაგელით დატვირთვის მაგივრად ამგვარ მინის ფირფიტაზე თხელი ფენის სახით დააქვთ სილიკაგელი, ალუმინის ჟანგი ან სხვა რომელიმე სორბენტი.

## იონცვლითი ქრომატოგრაფია

ანალიზურ ქიმიაში ყველაზე ფართოდ გავრცელდა იონცვლითი ქრომატოგრაფია. იონური გაცვლა ქიმიური ურთიერთმოქმედებაა მყარ ფაზაში არსებული აქტიური ჯგუფებისა ხსნარში არსებულ იონებთან. ამასთანავე, სორბენტი მყარი უხსნადი ნივთიერებაა, სორბტივი კი იმყოფება ხსნარში დისოცირებულ მდგომარეობაში.

სორბენტებად შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც მინერალური, ისე ორგანული წარმოშობის მყარი ნივთიერებანი — იონიტები. იონიტებს, რომლებიც ერთვიან გაცვლით რეაქციაში კათიონებთან, ეწოდება კათიონიტები, ხოლო ისეთებს, რომლებიც ანიონებთან ურთიერთმოქმედებენ — ანიონიტები.

არსებობს იონიტების სხვადასხვა მარკა, ისეთები, როგორიცაა КУ — ძლიერმჟავა კათიონიტებისათვის (უნივერსალური კათიონიტი), КФ—ფოსფორული ჯგუფის კათიონიტებისათვის, КБ — სუსტმჟავა კათიონიტებისათვის (ბუფერული კათიონიტი), АВ — ძლიერფუძიანი ანიონიტებისათვის (მაღალფუძიანი ანიონიტი), АН — სუსტფუძე ანიონიტებისათვის (დაბალფუძიანი ანიონიტი). ზემოაღნიშნული ასოების შემდეგ მდგარი ციფრები შემუშავებული მარკის რიგითი ნომერია. ციფრის შემდეგ მდგარი ასო კი აღნიშნავს იონიტის გრანულის ფორმას. იონიტების მარკირების ამ სისტემით მარკის მიხედვით შეგვიძლია განვსაზღვროთ იონიტის ძირითადი ხასიათი.

იონცვლით მაღალმოლეკულურ შენაერთებს სულ უფრო ფართოდ იყენებენ მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვადასხვა დარგში. ამჟამად შემუშავებული და მიღებულია მრავალი სახის იონიტი, სპეციალური დანიშნულების მაღალმოლეკულური ფისები.

## ექსკლუზიური ქრომატოგრაფია

ექსკლუზიური ქრომატოგრაფია არის თხევადი ქრომატოგრაფიის სხვაგვარი სახეობა, ამ შემთხვევაში ნივთიერებათა დაყოფა ხორციელდება მათი მოლეკულების ზომების შესაბამისად თანაბარზომიერი მაღალფოროვანი არაიონოგენური გელის გამოყენების დროს.

გაყოფის პროცესში მომცრო ზომის მოლეკულები ხვდებიან პოლიმერულ მესერში და კავდებიან მასში, მაშინ, როცა დიდი ზომის მოლეკულები ვერ აღწევენ პოლიმერულ მესერში და გამოირეცხებიან სვეტიდან. სვეტიდან გამოსვლის თანმიმდევრობა შემდეგია: ყველაზე დიდი მოლეკულები, შემდეგ საშუალო, და ბოლოს, ყველაზე მომცრო ზომის მოლეკულები.

## დალექვითი ქრომატოგრაფია

ნაერთთა გაყოფის დალექვით ქრომატოგრაფიულ მეთოდს საფუძვლად უდევს ნალექთა განსხვავებული ხსნადობის უნარიანობა. დალექვითს ქრომატოგრაფიაში გამოყენებული სვეტი შედგება გადამტანი და დამლექავი ფაზების ნარევისაგან. გადამტან ფაზად გამოიყენება ისეთი მაღალდისპერსიული ნივთიერება, რომელიც უზრუნველყოფს დამაკმაყოფილებელ ფილტრაციას მასში ხსნარის გატარებისას და რომელიც ინდიფერენტულია დამლექი ფაზისა და თვით საანალიზო ხსნარის მიმართ.

დამლექავ ფაზად გამოიყენება ისეთი ნივთიერება, რომელსაც შეუძლია რეაგირება საანალიზო ხსნართან და უნარი აქვს წარმოქმნას სხვადასხვა ხსნადობის უნარის მქონე ნალექები.

გადამტან ფაზად შეიძლება გამოყენებულ იქნას სილიკაგელი, ალუმინის ოქსიდი, ალუმინის ჰიდროქსიდი, ბარიუმის სულფატი, ქვიშა და სხვ.

დალექვითი ქრომატოგრაფია გამოიყენება შენადნობების დამზადების საქმეში, კერძოდ, შენადნობთა მარკირებისათვის. საანალიზო შენადნობის ქრომატოგრამას ადარებენ სტანდარტული შენადნობების ქრომატოგრამასთან, რადგან თითოეულ შენადნობს აქვს თავისი დამახასიათებელი ქრომატოგრამა.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ზოგადი ნაწილი

ორგანულ და არაორგანულ ნაერთთა საანალიზო პრაქტიკაში ქრომატოგრაფიული მეთოდის ფართოდ დანერგვის ისტორია XX საუკუნის 40-იანი წლებიდან იწყება. 1941 წელს ა. მარტინისა და რ. სინჯის [74] მიერ გამოქვეყნებულმა შრომამ სითხეების გაყოფის შესახებ, რომელიც ნობელის პრემიით აღინიშნა, საფუძველი შეამზადა გაზურ-სითხური და ქაღალდის ქრომატოგრაფიების განვითარებისათვის.

ქაღალდის ქრომატოგრაფიული მეთოდის შექმნასა და საანალიზო პრაქტიკაში დანერგვის თარიღად ითვლება 1944 წელი, როცა რ. კონსდენის, ა. გორდონისა და ა. მარტინის [59] მიერ უძრავი ფაზის გადამტანად პირველად გამოყენებულ იქნა ფილტრის ქაღალდი.

მას შემდეგ ქაღალდის ქრომატოგრაფია წარმატებით იქნა გამოყენებული ამინომჟავების, ნუკლეინის მჟავების, პეპტიდების, ვიტამინების, ჰორმონების, ორგანული მჟავების, ნახშირწყლების, არაორგანული ნაერთებისა და სხვა კომპონენტთა თვისობრივი და რაოდენობრივი განსაზღვრის საქმეში.

მეღვინეობის ბიოქიმიაში ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდი პირველად გამოიყენეს ნ. სისაკიანმა და ე. ბეზინგერმა [45], როცა აღნიშნული მეთოდით მოახდინეს ამინომჟავათა გაყოფა.

ამჟამად ქაღალდის ქრომატოგრაფია ფართოდაა დანერგილი ყურძნის პროდუქტთა საანალიზო პრაქტიკაში ისეთი არააქროლადი და აქროლადი ნაერთების კვლევისას, როგორიცაა ორგანული მჟავები, არომატული თუ ალიფატური რიგის ალდეჰიდები, აქროლადი მჟავები, ამინომჟავები, მთრიმლავი ნივთიერებები, შაქრები და სხვ.

ქრომატოგრაფიული მეთოდის, კერძოდ კი, ქაღალდის ქრომატოგრაფიული მეთოდის გამოყენებამ მეღვინეობის ტექნოლოგიასა და ბიოქიმიაში საგრძნობლად გაამდიდრა ცოდნა ღვინის რთული ქიმიური ბუნების შესახებ, სრულყო და გააღრმავა მეღვინეობის თეორია და პრაქტიკა.

წლების მანძილზე იმდენად დაიხვეწა და ტექნიკური თვალსაზრისით გამარტივებული იქნა ქაღალდის ქრომატოგრაფიის სხვადასხვა მეთოდი, რომ დღეს ისინი ადვილად ხელმისაწვდომი გახდა ენოქიმიურ ლაბორატორიებში მომუშავე პერსონალისათვის.

## მეთოდის პრინციპი და არსი

ქაღალდის ქრომატოგრაფია ემყარება საანალიზო ნარევის კომპონენტთა სხვადასხვა სისწრაფით გადაადგილებას ერთმანეთში უხსნადი ორი სითხისაგან შემდგარ ნაზავით გაჟღენთილ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე. ნაზავის ერთი კომპონენტი მყარი ფაზაა, მეორე კი მოძრავი ფაზა.

ქაღალდის ქრომატოგრამის მისაღებად უნდა ავიღოთ 30 — 50 სმ სიგრძისა და საკვლევი ნიმუშების რიცხვის შესაბამისი 1,5 სმ სიგანის ფილტრის ქაღალდი. სასტარტო ხაზზე, რომლის სიმაღლე 5 სმ-ია, ნაპირიდან 3 — 5 სმ-ის დაშორებით ვაწვეთებთ საანალიზო ნიმუშს. შემდეგ ფილტრის ქაღალდს დაწვეთებული ბოლოთი ჩავუშვებთ აბაზანაში, რომელშიც მოთავსებულია წყლით გაჯერებული ორგანული გამხსნელი. გამხსნელის ნელა გადაადგილებისას ქაღალდის ფორებში ხდება საანალიზო ნიმუშის შეუჩერებელი განაწილება ორ თხევად ფაზას შორის. თუ კი ნარევის კომპონენტებს სხვადასხვა განაწილების კოეფიციენტი აქვთ, მაშინ ნივთიერებების გადაადგილების სიჩქარეც სხვადასხვა იქნება.

ქაღალდზე ქრომატოგრაფირების პროცესი მიმდინარეობს გამხსნელთა ნაჯერი ორთქლის ატმოსფეროში და მთავრდება მაშინ, როცა მოძრავი გამხსნელის ფრონტი მიაღწევს ქაღალდზე 30 — 40 სმ-ს. მოძრავი გამხსნელის მიმართულება შეიძლება იყოს როგორც აღმავალი, ისე დაღმავალი. მას შემდეგ, რაც ქრომატოგრაფირება დამთავრდება, ქაღალდი უნდა გავაშროთ და შემდეგ გავამჟღავნოთ (შევასხუროთ) რეაქტივით, რომელიც იძლევა ფერად რეაქციას საანალიზო ნაერთების ცალკეულ კომპონენტებთან.

ამგვარად მიღებული ქრომატოგრამა ფერადი ლაქების ერთობლიობაა, რომლებიც განლაგებული არიან ქაღალდზე განსაზღვრული რიგით გამხსნელის ფრონტის მიმართ.

## ქრომატოგრაფიული ქაღალდი

ქაღალდის ქრომატოგრაფიაში უძრავი თხევადი ფაზის გადამტანად გამოყენებულია სპეციალური ქაღალდი, რომელსაც ძალუძს თავისი ფორებით შეაკავოს უძრავი თხევადი ფაზის მნიშვნელოვანი ნაწილი.

ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს განსაკუთრებული მოთხოვნები აქვს წაყენებული: იგი უნდა იყოს ქიმიურად სუფთა, ქიმიურად და ადსორბციულად ნეიტრალური, ერთგვაროვნად მკვრივი, უნდა უზრუნველყოს გამხსნელის გარკვეული სიჩქარით გადაადგილება. ამასთანავე დიდი ყურადღება ექცევა ქაღალდის ბოჭკოების სტრუქტურასა და

ორიენტაციას. მკვეთრი გაყოფის მიღწევისათვის საჭიროა გავითვალისწინოთ ქაღალდის ბოჭკოების მიმართულება, ამასთანავე, იგი უნდა თანხვდებოდეს გამხსნელის მოძრაობის მიმართულებას.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ქრომატოგრაფიული ქაღალდი შეიცავს α — ცელულოზის 95 — 99%-ს, რომელიც სტანდარტულ პირობებში არ იხსნება 17,5%-იან მწვავე ნატრიუმის ხსნარში 20°C-ზე. ამის გარდა, ქრომატოგრაფიული ქაღალდი შეიცავს კარბოქსილური ჯგუფების (ოქსიცელულოზა) მცირე რაოდენობას. ეს იწვევს წყლიან ხსნარებში ცელულოზაზე უარყოფითი მუხტის წარმოქმნას, რითაც ქაღალდი იონცვლით თვისებებს იძენს.

ქრომატოგრაფიული ქაღალდი შეიცავს, აგრეთვე, შეკავშირებულ ამინომჟავებს, რომლებიც ძლიერ უშლიან ხელს პეპტიდების გაყოფას, მაგალითად, „ვატმანის" 100 გ ქაღალდში აზოტი 15 მგ-მდეა, „შლეიხერ-შჲულის" ქაღალდი კი შეიცავს ორჯერ მეტ ამინომჟავებს.

ქრომატოგრაფიული ქაღალდი ლიპოფილურ ნაერთებს შეიცავს ცხიმების, ცვილებისა და ფისების სახით. „ვატმანის" ქაღალდი ამ ნაერთებს შეიცავს 25 მგ-მდე 100 გ ქაღალდზე, „შლეიხერ-შჲულისა" კი ორჯერ მეტს. ქრომატოგრაფირების პროცესში, ეს ნაერთები გამოირეცხებიან ქაღალდიდან მოძრავი ფაზის ფრონტის მიერ [50].

ზემოაღნიშნულის გარდა, ქრომატოგრაფიული ქაღალდი შეიცავს არაორგანულ კათიონებს: კალციუმს, მაგნიუმს, მცირე რაოდენობით სპილენძსა და რკინას, რომლებიც უარყოფითად მოქმედებენ ამინომჟავების ქრომატოგრაფირებისას.

ქრომატოგრაფიული ქაღალდის შემადგენლობაში გარეშე ნაერთთა არსებობა ძლიერ აფერხებს ამა თუ იმ შენაერთების გაყოფას. შეკავშირებული ამინომჟავები ხელს უშლიან პეპტიდების გაყოფას. ლიპოფილური ნაერთები კი მაღალი Rf-ის მქონე ნივთიერებათა ინდენტიფიკაციას, ვინაიდან გამხსნელის ფრონტის მიერ გამორეცხვისას გროვდებიან ფრონტის გასწვრივ. მძიმე ლითონების ზოგიერთი კათიონი (სპილენძის, რკინის და სხვა) ამინომჟავებთან თუ კარბონულ მჟავებთან იწვევს ლაქების წარმოშობას, ერთ შემთხვევაში ეს ლაქები უსწრებენ საკვლევი კომპონენტის ლაქას, მეორე შემთხვევაში კი ჩამორჩებიან. რკინა იწვევს ფენოლის გამუქებას ამიაკის ორთქლის არეში, ამიტომ ფენოლშემცველი სისტემის გამოყენებისას გამხსნელის ფრონტის ხაზი შავად ან მურა-წითლად იფერება.

მეტალების არასასურველი კომპლექსების თავიდან აცილების მიზნით მიმართავენ სხვადასხვა საშუალებას: კამერაში გოგირდწყალბადის ან ციანწყალბადის შეტანას, ვინაიდან ქაღალდზე ისინი კათიონებთან ნალექს იძლევიან ან წარმოქმნიან მყარ კომპლექსებს. ფენოლის გამუქების თავიდან აცილების მიზნით ქაღალდი შეიძლება და-

მუშავდეს სისხლის ყვითელი მარილით, 8 — ოქსიხინოლინით ან ეთილენდიამინტეტრაძმარმჟავით.

ზოგჯერ ქაღალდს წყლით რეცხავენ გამოყენების წინ (ამინომჟავების მოსაცილებლად), ანდა ამუშავებენ მარილმჟავით ან ძმარმჟავით (არაორგანული კათიონების მოცილების მიზნით), შემდგომში კი წყლით გულდასმით რეცხავენ.

საბჭოური წარმოება უშვებს 4 ხარისხის ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს: № 1, 2, 3 და 4. ეს ქაღალდები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან სიმკვრივით, და მაშასადამე, მათზე გამხსნელის მოძრაობის სიჩქარით. № 1 და № 2 ქაღალდები ნაკლებ მკვრივია და ამიტომ პირობითად „ჩქარ“ ქაღალდებს, ანუ „Б“ მარკის ქაღალდს უწოდებენ. № 3 და № 4 ქაღალდები კი უფრო მკვრივია და მათ „ნელ“, ანუ „М“ მარკის ქაღალდებს უწოდებენ.

ამ ქაღალდებში რკინისა და სპილენძის მარილების შემცველობა არ არის ნორმირებული. ისინი შეიძლება გამოვიყენოთ ერთმხრივი და ორმხრივი ქრომატოგრაფირებისას, როგორც აღმავალი, ისე დაღმავალი ქრომატოგრაფიული ხერხების გამოყენების დროს.

ქაღალდის ნაცრიანობასა და მასში მეტალების მარილთა შემცველობას საჭიროების შემთხვევაში ამცირებენ შესაფერისი დამუშავების გზით უშუალოდ ქაღალდის გამოყენების წინ.

ამინომჟავების, ამინებისა და ცილების ანალიზის წინ ქაღალდის დამუშავების შემდეგი ხერხი არსებობს: ქაღალდს გულდასმით რეცხავენ 0,3 n HCl-ით, შემდეგ ანეიტრალებენ 0,5 n NaOH-ით (ანდა ამიაკით), რეცხავენ დისტილირებული წყლით უარყოფით რეაქციამდე, ამუშავებენ 0,1%-იანი ფოსფატური ბუფერით (pH=7,0 — 7,5) და აშრობენ.

1-ელ ცხრილში მოცემულია საბჭოური წარმოების „Б“ და „М“ მარკის ქრომატოგრაფიული ქაღალდების დახასიათება.

მე-2 ცხრილში აღწერილია ყველაზე მეტად გავრცელებული საზღვარგარეთული ფირმების ქრომატოგრაფიული ქაღალდების (ვატმანის, ნიდერშლაგის, შლეიხერ-შჲულის და მუნკტელის) დახასიათება ხაისისა და მაცეკის [50] მიხედვით. ამა თუ იმ ნაერთის გაყოფისათვის ქაღალდის ვარგისიანობა ფასდება 3-ბალიანი სისტემით: ყოველმხრივ გამოსადეგი ქაღალდი შეფასებულია 1 ბალით, საშუალო ხარისხისა — 2 და გამოუსადეგარი ქაღალდები — 3 ბალით.

გამხსნელთა სისტემების ცალკეული ტიპებისათვის გამოთვლილი იყო ზოგიერთი საშუალო სიდიდე, რომლის მიხედვით ცხრილის ბოლო გრაფაში მოტანილია ქრომატოგრაფიული ქაღალდების საერთო შეფასება. უნივერსალური ქაღალდები აღნიშნულია I-ით, კარგი ხარისხის ქაღალდები II-ით, ხოლო შეზღუდულად ხმარებისათვის გაანკუთვნილი — III-ით.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ცხრილი 1

**„Б“ და „М“ მარკის ქრომატოგრაფიული ქაღალდების დახასიათება**

| დახასიათება | მაჩვენებლები ТУ — 757-ის მიხედვით | |
|---|---|---|
| | Б მარკის | М მარკის |
| 1 $м^2$ ფართობის მქონე ფურცლის წონა გ-ობით . | 85±5 | 85±5 |
| წყლის შეწოვის სიჩქარე: | | |
| საშუალო ორივე მიმართულებით 10 წუთში მმ-ობით | 70±5 | 45±5 |
| ნაცრიანობა, პროცენტული შემცველობა (არა უმეტეს) | 0,1 | 0,1 |
| მტვრის შემცველობა — 0,25 — 1,5 მმ ზომის მტვრის ნაწილაკების დასაშვები რაოდენობა ფურცლის 1 $м^2$ ფართობზე (არა უმეტეს) . . . . . | 100 | 100 |
| წყლიანი გამონაწვლილის pH . . . . . | 6,5±0,5 | 6,5±0,5 |
| წყლით მაძღარი ფენოლით ექსტრაგირებულ ნაერთთა შემცველობა შეწოვის ფრონტის მიღმა ზოლის სიგანით გაზომილი, სმ-ობით (არა უმეტეს) . . . | 1,0 | 1,0 |
| ამინომჟავების შემცველობა | არ დაიშვება | |
| აღმდგენელ ნაერთთა შემცველობა | „ | |

ჩვეულებრივი ხარისხის ქრომატოგრაფიული ქაღალდი ჰიდროფილურია. ამიტომ უძრავ ფაზად წყლის გამოყენებისას საჭირო არ არის ქაღალდის სპეციალური დატენიანება. ჰაერ-მშრალი ქაღალდი შეიცავს 20 — 22%-მდე ტენს, რაც საკმარისია ცდის ჩასატარებლად.

წყალში უხსნადი ორგანული ნაერთების გაყოფისას აუცილებელია ჰიდროფილური ქაღალდის გადაყვანა ჰიდროფობულად. ქაღალდის ჰიდროფობიზაციას ახდენენ ქაღალდის ჰიდროფობულ ნაერთებით გაჟღენთვითა და აცეტილირებით.

ქაღალდის გასაჟღენთად ხმარობენ პეტროლეინის ეთერში გახსნილი პარაფინის 1%-იან ხსნარს, ბენზოლში გახსნილ კაუჩუკის 0,5%-იან ხსნარს, ანდა დიეთილეთერში გახსნილ გასუფთავებული მცენარეული ზეთის 1 — 2%-იან ხსნარს.

ქაღალდის ჰიდროფობულობის შემოწმება შემდეგნაირად შეიძლება: ერთ-ერთი ჰიდროფობული ხსნარით ქაღალდის გაჟღენთვის შემდეგ დააწვეთებენ წყლის წვეთს, თუ წვეთი ქაღალდმა არ შეიწოვა და ჩამოგორდა ქაღალდიდან, მაშასადამე, იგი ჰიდროფობული ყოფილა. ამგვარად დამუშავებულ ქაღალდს ინახავენ ჰერმეტულ ჭურჭელში იმ

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ცხრილი 2

**სხვადასხვა ხარისხის ქრომატოგრაფიული ქაღალდის დახასიათება**

| ქაღალდი | ბუთანოლი-პირიდინი—წყალი | ბუთანოლი—ძმარმჟავა წყალი | ფენოლი-ამიაკი | ფორმამიდი-ბენზოლი | პეტროლეინის ეთერი-იზოპროპანოლი | საერთო დახასიათება |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | შაქრები | ამინომჟავები | | ალკალოიდები | სტეროიდები | |
| ვატმანი 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | I |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | I |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | I |
| 3 MM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | I |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | II |
| 7 | 1,5 | 2 | 2 | 3 | 2 | III |
| 20 | 1 | 3 | 1,5 | 2 | 1 | II |
| 31 ET | 1,5 | 1 | 1,5 | 3 | 1 | II |
| 54 | 1,5 | 3 | 1 | 1 | 1,5 | II |
| 598 G III-III | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | III |
| 602 h : P | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | I |
| 2040 a | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | II |
| 2040 вM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | I |
| 2043 a | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1 | I |
| 2043 BMGl | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1 | I |
| 2045 a Gl | 1 | 2 | 1 | 1,5 | 1 | II |
| 2045 в Gl | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | III |
| 2071 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | II |
| 2181 | 2 | 1 | — | — | — | — |
| 2230 | 1,5 | 3 | 3 | 3 | 3 | III |
| 2315 | 2 | 2 | 3 | 2,5 | 2 | III |
| მუნკტელ—Chr.100 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | I |
| მუნკტელ.—ELE/130 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | II |
| ნიდერშლაგ—WF 1 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | II |

გამხსნელის ორთქლის არეში, რომელიც უნდა იქნას გამოყენებული ამ ქაღალდისათვის უძრავ ფაზად.

ქაღალდის აცეტილირებას ახდენენ მააცეტილირებელი ხსნარით, რომელსაც შემდეგნაირად ამზადებენ: 90 მლ ძმრის ანჰიდრიდს ურევენ 10 მლ პეტროლეინის ეთერსა და 8—10 წვეთ კონცენტრულ გოგირდმჟავას. ამ სითხეში ქაღალდს 45 წუთით ათავსებენ, შემდეგ იღებენ და გამდინარე წყალში 15 წუთით გულდასმით რეცხავენ, ტოვებენ 10—15 წუთით დისტილირებულ წყალში, შემდეგ რეცხავენ და აშრობენ. გამშრალ ქაღალდს ამოწმებენ ჰიდროფობულობაზე.

ჰიდროფობულ ქაღალდზე ქრომატოგრამების მიღებისათვის უძრავ ფაზად იყენებენ არაპოლარულ გამხსნელს (ნახშირწყალბადები), ხოლო მოძრავ ფაზად — პოლარულს (სპირტების, ორგანული მჟავების წყლიანი ხსნარები და ა. შ.).

ქრომატოგრაფიული ქაღალდის დასახასიათებლად შემოღებულია 1 $m^2$ მასის წონა გრამობით, ფურცლის სისქე მილიმეტრობით, წყლის

გადაადგილების სიმაღლე დროის ერთეულში (სმ/სთ-ობით) და 6 — ბუთილის სპირტის, ძმარმჟავისა და წყლის ნაზავის (შეფარდებით 4 : 1 : 5) ქაღალდზე გადაადგილების სიმაღლე მოცულობის მიხედვით დროის ეროეულში.

ვინაიდან სხვადასხვა ხარისხის ქაღალდზე გამხსნელი და საანალიზო ნივთიერებები სხვადასხვა სისწრაფით მოძრაობენ, ამიტომ საჭირო ხდება ანალიზის ყოველი სერიისათვის Rf ხელახლა გამოვიანგარიშოთ.

## გამხსნელი

ქრომატოგრაფირებისას მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება გამხსნელთა სისტემას. საკმარისია აღინიშნოს, რომ საძიებელ კომპონენტთა ქრომატოგრამაზე განაწილება და მდებარეობა ბევრად არის დამოკიდებული გამხსნელთა შემადგენელი კომპონენტების ბუნებაზე. ისიც უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ნივთიერებათა გადაადგილების სიჩქარეზე გავლენას ახდენს მათივე ბუნება და მოლეკულათა აღნაგობა. ამდენად, გასაგებია, რომ სხვადასხვა გამხსნელში სხვადასხვა ნივთიერებათა Rf არათანაბრად იცვლება. ეს იწვევს იმას, რომ გამხსნელთა ერთ სისტემაში დაუყოფელი ნივთიერებები კარგად იყოფიან გამხსნელთა სხვა სისტემაში.

ქაღალდის ქრომატოგრაფიაში გამოყენებულ ორგანულ გამხსნელებს განსაკუთრებული მოთხოვნები აქვს წაყენებული. გამხსნელი უნდა იყოს ქიმიურად სუფთა და უფერული, ან სუსტად შეფერილი და წყალთან არცერთნაირი შეფარდებით არ უნდა ერეოდეს. უკეთესია, თუკი გამხსნელი ხასიათდება წყალში დაბალი ხსნადობით, რათა ადვილი იყოს მისგან მაძღარი ხსნარის მიღება.

ნაერთთა წარმატებით გაყოფისათვის ქაღალდზე დიდი და გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება მოძრავი და უძრავი ფაზების სწორ შერჩევას. ამიტომ თხევადი ფაზები უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ ძირითად მოთხოვნებს:

1. ორი სითხე ერთმანეთს არ უნდა ერეოდეს;

2. მოძრავ ფაზად ისეთი გამხსნელი უნდა შეირჩეს, რომელშიც გასაყოფი ნაზავის კომპონენტები ოთხრო ნაკლებად იხსნებიან, ვიდრე უძრავ ფაზად გამოყენებულ გამხსნელში. ამასთანავე, მოძრავ გამხსნელში კომპონენტები არ უნდა იხსნებოდეს არც ძლიერად და არც მეტად მცირედ. პირველ შემთხვევაში ნაზავის კომპონენტები გადაადგილდებიან ქაღალდზე მოძრავი გამხსნელის ფრონტის მოძრაობის სიჩქარით, ხოლო მეორე შემთხვევაში ისინი შეტანის წერტილზევე დარჩებიან.

3. გასაყოფი ნაზავის კომპონენტების ხსნადობა, და რასაკვირველია, მათი გაყოფის კოეფიციენტი უნდა იყოს სხვადასხვა ორი შერჩეული გამხსნელისათვის. წინააღმდეგ შემთხვევაში ნაზავის გაყოფა არ მოხდება.

4. ქრომატოგრაფირების პროცესში გამხსნელების შემადგენლობა არ უნდა იცვლებოდეს.

5. გამხსნელები ადვილად უნდა სცილდებოდეს ქაღალდიდან, უნდა იყოს უვნებელი ადამიანისათვის და არადეფიციტური.

გამხსნელთა სისტემის შერჩევა უნდა მოხდეს იმ მნიშვნელოვანი გარემოების გათვალისწინებით, რომ საანალიზო ნაზავის კომპონენტებს მოცემულ სისტემაში უნდა გააჩნდეს Rf 0,05-დან 0,85-მდე. ნივთიერებათა შესაბამისი ლაქები უნდა განაწილდეს ქრომატოგრაფიული ქაღალდის მთელ სიგრძეზე. სასურველია, კომპონენტის Rf 0,5-ის ფარგლებში იმყოფებოდეს.

შერჩეულმა სისტემამ უნდა გაყოს ორი ან მეტი ერთმანეთის ახლო აღნაგობის მქონე ნივთიერებები ისე, რომ მათი Rf 0,05-ზე ნაკლები არ იყოს. იმ შემთხვევაში, თუ ორი კომპონენტის Rf 0.01 — 0,2-ის ფარგლებშია, ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე ხელმეორედ შეიძლება გამხსნელთა სისტემის გატარება უკეთ გაყოფის მიზნით.

გამხსნელთა შერჩეულ სისტემაში ნივთიერების განაწილების იზოთერმა უნდა იყოს წრფივი. ლაქა უნდა იყოს მრგვალი და გაყოფის დამთავრებისას უნდა ეკავოს დაახლოებით იგივე ფართობი, რაც ქაღალდზე დაწვეთებისას. კონცენტრაციის გაზრდით ლაქის ფორმა არ უნდა იცვლებოდეს.

მეტად საყურადღებოა ის გარემოება, რომ შერჩეულმა გამხსნელთა სისტემამ არ გამოიწვიოს გასაყოფი ნაზავის კომპონენტთა ქიმიური ცვლილებები, ამავე დროს გამხსნელი არ უნდა ურთიერთმოქმედებდეს გამამჟღავნებელთან, ანდა კი არ უნდა შეასუსტოს გამჟღავნების რეაქციის მგრძნობიარობა, არამედ სასურველია გააძლიეროს კიდეც.

გაყოფის თანაბარი და მყარი შედეგების მიღებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს იმასაც, რომ გამხსნელთა შერჩეული სისტემის შემადგენლობა იყოს მუდმივი მოცემული შემთხვევისათვის.

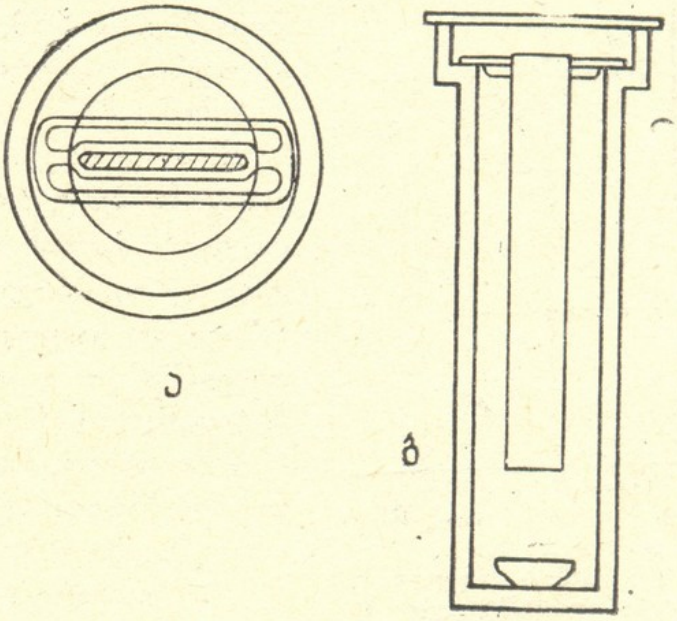
### ქრომატოგრაფირებისათვის საჭირო მოწყობილობა.

ქაღალდის ქრომატოგრაფირების ჩატარებისათვის საჭირო მოწყობილობა შედგება ქრომატოგრაფიული კამერისა (თავსახურითურთ)

ეროვნული ბიბლიოთეკა

და ქრომატოგრაფიის ნავისაგან ქაღალდის დასამაგრებელი საყრდენებითურთ (სურ. 3 ა).

ნ ა ვ ი. ქრომატოგრაფიის ნავი წარმოადგენს მინის ამოღარულ მილს, რომლის ორივე მხარე დახურულია.




სუ. 3. ქრომატოგრაფირებისათვის საჭირო მოწყობილობა. ა— ქრომატოგრაფიული ნავის ზედხედი; ბ— ქრომატოგრაფიული კამერა;

**Rf-ის გამოანგარიშება**

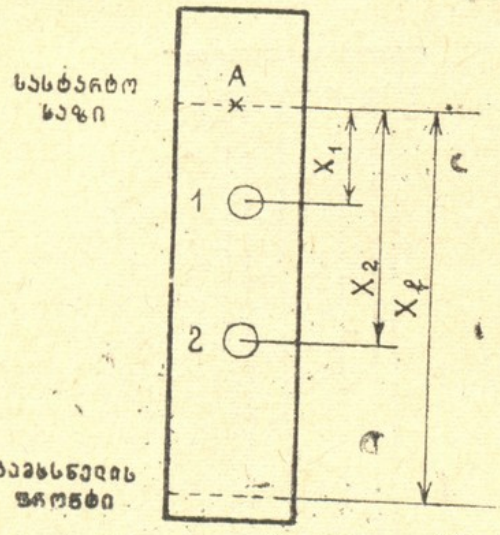
Rf არის საძიებელი ნივთიერების განვლილი მანძილის შეფარდება გამხსნელის მიერ განვლილ მანძილთან (ერთსა და იმავე პირობებსა და დროის მონაკვეთში).

$$Rf = \frac{\text{ნივთიერების ზონის მოძრაობის სიჩქარე}}{\text{მოძრავი თხევადი ფაზის ფრონტის მოძრაობის სიჩქარე}}$$

მე-4 სურათზე წარმოდგენილია ნაზავის კომპონენტთა Rf-ის განსაზღვრის სქემა. როგორც ვხედავთ, $X_1$ და $X_2$ გამოხატავენ იმ გზას, რომელიც გაიარა შესაბამისად პირველმა და მეორე კომპონენტმა საწყისი მდებარეობიდან. Xf-ის გზაა, რომელიც გაიარა გამხსნელმა. თუ კი $X_1$ არ უტოლდება $X_2$-ს, მაშინ Rf′ არ იქნება Rf″-ის ტოლი, ბუნებრივია, ნაზავის კომპონენტთა ზონები გაიყოფა. ამდენად, Rf სიდიდეს შეუძლია დაახასიათოს ორი ერთმანეთში შეურეველი სითხის შესაძლებლობა ნაზავის კომპონენტთა გაყოფის მიმართ.

იდეალურ შემთხვევაში ამა თუ იმ კომპონენტის Rf არ არის დამოკიდებული სხვა ნაერთთა თანამყოფობაზე, დამოკიდებულია მარტოოდენ შერჩეული თხევადი მოძრავი და უძრავი ფაზების ბუნებაზე.

რასაკვირველია, იდეალურ შემთხვევაში Rf განისაზღვრება მხოლოდ განაწილების კოეფიციენტითა და ქაღალდის პარამეტრებით, თუმცა პრაქტიკულად Rf დამოკიდებული არის გადამტანის ბუნებაზე, ექსპერიმენტის ტექნიკასა და სხვა ფაქტორებზე ნაზავის კომპონენტთა გადამტანთან ურთიერთმოქმედების, წონასწორობის მდგომარეობიდან პროცესის გადახრისა თუ სხვა მიზეზების გამო.




სურ. 4. ნაზავის კომპონენტთა Rf-ის განსაზღვრის სქემა.
$x_1$ $x_2$ $x_3$ — შესაბამისად პირველი მეორე კომპონენტისა და გამხსნელის მიერ განვლილი გზები.

Rf-ის სიდიდე გასაყოფი ნაზავის კომპონენტებისათვის არ უნდა იყოს ძალიან დიდი, არც მეტად მცირე. პირველ შემთხვევაში ნაზავი არ გაიყოფა, მეორე შემთხვევაში კი გაყოფის პროცესი მეტად ნელა წარიმართება.

საზოგადოდ, Rf ამა თუ იმ ნივთიერებისათვის მუდმივ სიდიდედ ითვლება, მაგრამ იმის გამო, რომ სხვადასხვა პირობებში Rf იცვლება ქაღალდის სიმკვრივის, გამხსნელის მოძრაობის სიჩქარის, საკვლევ ნივთიერებაში არსებული მარილების, ქაღალდის წინასწარი დამუშავების, არის რეაქციის, ქრომატოგრამების ფორმის, ქრომატოგრაფიული კამერის გამხსნელის ორთქლით გაჯერებისა და სხვა ფაქტორთა გავლენით, ყოველი ცალკეული შემთხვევისათვის უმჯობესია Rf ხელახლა იქნას გამოანგარიშებული.

ზემოაღნიშნულ ფაქტორებთან ერთად მნიშვნელოვანია ქრომატოგრაფირების ტემპერატურული რეჟიმი, რომელსაც შეუძლია გავლენა მოახდინოს Rf-ის ცვლილებაზე. ვინაიდან ტემპერატურის მატების შემთხვევაში გამხსნელის მოძრაობის სიჩქარე რამდენადმე მატულობს [73], საჭიროა შევინარჩუნოთ შედარებით მუდმივი ტემპერატურა ქრომატოგრაფირების პროცესში. ქრომატოგრაფირებას უპირატესად ატარებენ ოთახის ტემპერატურაზე, თუმცა ზოგიერთი ავტორი ქრომატოგრაფირებას შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე ურჩევს [73, 77, 46].

## თვისებრივი განსაზღვრა

ქაღალდზე ქრომატოგრაფირების პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ქრომატოგრამა ქრომატოგრაფირების დამთავრებისა და გამხსნელის აორთქლების შემდეგ, უმრავლეს შემთხვევაში, თეთრი ფერისა რჩება და

არ იფერება კომპონენტთა განაწილების ადგილებში. ამიტომ არა მარტო შეუძლებელი ხდება საკვლევი ნაზავის კომპონენტთა იდენტიფიცირება, არამედ ძნელია ვილაპარაკოთ ნაზავის გაყოფის რეალურობაზე. ამ შემთხვევაში იყენებენ ნივთიერებათა ხსნარებს, რომელთა ურთიერთმოქმედების შედეგად საანალიზო ნაზავის კომპონენტებთან ხდება შეფერილი ნაერთების წარმოქმნა. ამდენად, ქრომატოგრამაზე საძიებელი კომპონენტისა და გამამჟღავნებლის ურთიერთმოქმედების შედეგად წარმოქმნილი შეფერვის მიხედვით შესაძლებელია საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა იდენტიფიცირება მოვახდინოთ. იმ შემთხვევაში, თუ გამამჟღავნებელი ყველა კომპონენტთან ერთ შეფერვას იძლევა, მაშინ იდენტიფიცირება უნდა ჩატარდეს ლაქის ადგილმდებარეობის მიხედვით ქაღალდზე.

თვისებრივი განსაზღვრა ქაღალდზე შესაძლებელია მოვახდინოთ არა მარტო ლაქის შეფერვის მიხედვით დღის შუქზე, არამედ ულტრაიისფერ არეში. ეს ხერხი ადვილად ხორციელდება იმ შემთხვევაში, თუ კი ქრომატოგრამაზე ლუმინესცირებულ ნაერთთა აღმოჩენის მიზნით გამოვიყენებთ ე. წ. ბრუმბერგის ულტრახემისკოპს [12]. ხელსაწყო შედგება დაბალი წნევის ვერცხლისწყალ-კვარციანი ნათურის, შუქფილტრისა და ლუმინესცირებული ეკრანისაგან, რომელიც მეტად კომპაქტური და გამოსაყენებლად მოხერხებულია.

რადიაქტიური იზოტოპების გამოყენება, როცა ნაზავის ერთი ან რამდენიმე კომპონენტი რადიაქტიურია, ამარტივებს და აადვილებს თვისებრივი განსაზღვრის ჩატარებას.

რადიაქტიური იზოტოპების გამოყენების დროს, ქრომატოგრამის ლაქას, რომელიც შეიცავს რადიაქტიურ კომპონენტს, აღმოაჩენენ ან გეიგერ-მჟულერის მრიცხველის მიხედვით, ანდა რადიოავტოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით.

რადიოავტოგრაფიის მეთოდი შემდეგში მდგომარეობს: ქაღალდის ქრომატოგრამა, რომელიც შეიცავს რადიაქტიურ იზოტოპს, რამდენიმე ხნით კონტაქტში იმყოფება შუქმგრძნობიარე ფირთან ან ქაღალდთან. ფირის ან ქაღალდის გამჟღავნების შემდეგ რადიოიზოტოპის აღმოჩენა ადვილია იმ გაშავებული ადგილის პოვნით, რომელიც შეესაბამება პირველად ქრომატოგრამაზე რადიოიზოტოპის ლაქის მდებარეობას.

იმ შემთხვევაში, როცა ძნელდება საანალიზო ნაზავის კომპონენტებთან სხვადასხვა შეფერვის მომცემი რეაქტივების შერჩევა, ანდა არ არის ლუმინესცენციისა ან რადიოავტოგრაფიის გამოყენების საშუალება, იყენებენ ე. წ. „მოწმეთა“ მეთოდს.

„მოწმეთა“ მეთოდი შემდეგში მდგომარეობს: Rf-ის კოეფიციენტი არ არის დამოკიდებული გარეშე ნაერთთა თანამყოფობაზე, ამი-

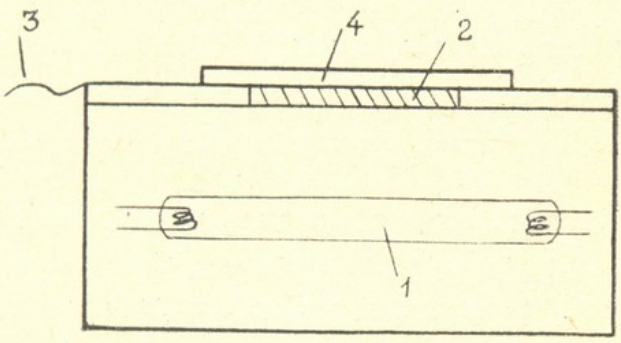
ტომ თუ კი საანალიზო ნაზავის წვეთების პარალელურად ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დავაწვეთებთ ცნობილ ნაერთთა შემცველი ნაზავის წვეთს, ქრომატოგრამის გამჟღავნების შემდეგ შეიძლება ჩავატაროთ იდენტიფიცირება საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა ლაქების ადგილმდებარეობის შედარებით ცნობილი ნაზავის კომპონენტთა ლაქების ადგილმდებარეობასთან.

Rf-ის სიდიდეთა გამოანგარიშების მიხედვით იდენტიფიცირება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ კი ყველა ანალიზს ჩავატარებთ მკაცრად განსაზღვრულ და ერთსა და იგივე პირობებში. ამ მეთოდის ხმარებისას თუ ნივთიერებას საანალიზო და საკონტროლო ნაზავებიდან აქვს ერთი და იგივე Rf, მაშინ ცხადია ისინი იდენტურნი ყოფილან. იმის გამო, რომ Rf-ის სიდიდე დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე, გასაგებია, თუ რამდენად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქრომატოგრაფირების ერთი და იგივე პირობების დაცვას.

ამ მეთოდის უარყოფითი მხარე ისაა, რომ იგი მეტად გაზვიადებულია და დიდ დროს საჭიროებს, ვინაიდან საჭიროა ყოველთვის საანალიზო ნაზავთან ერთად, ხელოვნური ნაზავიც დავყოთ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე.

## ბრუმბერგის ულტრახემისკოპი

ულტრახემისკოპი შედგება მცირე ბრტყელი ყუთისაგან, რომელშიც მოთავსებულია დაბალი წნევის ვერცხლისწყლიანი ნათურა (1). ყუთის სახურავში უშუალოდ ნათურასთან ახლოს, ჩამაგრებულია თხელი მუქი ალისფერი შეფერვის მინის შუქფილტრი (2), რომელიც შთანთქავს ნათურის ხილულ გამოსხივებას (განსაკუთრებით ხილული სპექტრის შუა დიაპაზონის სხივებს) და ატარებს 410—240 mμ სიგრძის ტალღის ულტრაიისფერ სხივებს. გამოსაკვლევი ქრომატოგრაფიული ქაღალდი (3) თავსდება ამ შუქფილტრზე და მკვრივად მიეკვრება მას მაფლუორესცირებელი ეკრანით (4). ეკრანზე ჩნდება ჩრდილები იმ ადგილებში, რომლებიც შეესაბამება ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე ამა თუ იმ ნივთიერების კონცენტრირების ადგილებს.




სურ. 5. ბრუმბერგის ულტრახემისკოპის სქემა. 1—დაბალი წნევის ვერცხლისწყლიანი ნათურა; 2—მინის შუქფილტრი; 3—ქრომატოგრაფიული ქაღალდი; 4—მაფლუორესცირებელი ეკრანი.

მინის ფირფიტის მაფლუორესცირებელი ეკრანის ზედაპირზე, ხელსაწყოსაკენ მიმართული მხრიდან, დატანებულია მაფლუორესცირებელ ნივთიერებათა სამი თხელი ფენა, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება აღგზნების სპექტრითა და ფლუორესცენციის უნარით.

ულტრახემისკოპი საშუალებას იძლევა განსაზღვრულ იქნას ულტრაიისფერი

სხივების შთანთქმის უნარის მქონე ნივთიერებათა მდებარეობა ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე. მაფლუორესცირებელ ეკრანზე გამოსახული ჩრდილების შეფერვა ხშირ შემთხვევაში შეიძლება გამოყენებულ იქნას გასაყოფი ნივთიერებების თვისებრივი დახასიათებისათვის.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## რაოდენობრივი განსაზღვრა

რაოდენობრივი ქრომატოგრაფიული ანალიზის მეთოდები იყოფა ორ ჯგუფად: 1) მეთოდები, რომლებიც არ ითვალისწინებენ ქრომატოგრამიდან საანალიზო ნივთიერების მოცილებას და 2) მეთოდები, რომლებიც ემყარება ქაღალდიდან საკვლევი ნივთიერების გამოწვლილვას.

პირველ შემთხვევაში გამოყენებულია შეფერვის ინტენსიობის და ლაქის ფართობის დამოკიდებულება ქრომატოგრაფირებისათვის განკუთვნილი ნივთიერების რაოდენობასთან. ასე, მაგალითად, თუ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დავაწვეთებთ საანალიზო ნაზავის მუდმივ მოცულობას, მაშინ ქრომატოგრაფირებისა და გამჟღავნების შედეგად მიღებული ლაქის ფართობი $П_{ქაღალ.}$ პროპორციული იქნება საანალიზო ნივთიერებათა კონცენტრაციის (C) ლოგარითმისა, ე. ი.

$$П_{ქაღალ.} = A \lg C + B,$$

სადაც A და B არის ემპირიული კონსტანტები.

საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარების მიზნით ქაღალდზე წინასწარ ვაწვეთებთ განსაზღვრული კონცენტრაციის ნივთიერებათა ნაზავების განსაზღვრულ რაოდენობებს. ქრომატოგრაფირების დამთავრებისა და გამჟღავნების შემდეგ ლაქებს ფაქიზად შემოვხაზავთ ფანქრით და გავზომავთ ფართობს პლანიმეტრით ანდა ამოჭრილ ლაქას ავწონით. ამგვარად ვიმეორებთ ცდას სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარებზე და ვადგენთ ცალკეულ კონცენტრაციისათვის ლაქის ფართობს. მიღებული მონაცემებით ვაგებთ საკალიბრო გრაფიკს $\lg C$-$П_{ქაღალდ.}$ კოორდინატებში.

თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ლაქის ფართობი შეიძლება დამოკიდებული იყოს არა მარტო კონცენტრაციაზე, არამედ სტარტზე დატანილი წვეთის სიდიდეზე, ქაღალდის ხარისხზე, გამხსნელის ხარისხზე, ტემპერატურასა და ცდის სხვა პირობებზე. ამდენად გასაგებია, თუ რაოდენ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქრომატოგრაფირების ერთი და იგივე პირობების დაცვას. ცდის ერთი და იგივე პირობების დაცვის შემთხვევაში მეთოდის ცდომილება ± 5 — 10 შეფარდებით პროცენტებში მერყეობს.

რაოდენობრივი განსაზღვრის უფრო ზუსტ მეთოდად ითვლება ლაქის შეფერვის ინტენსიობის გაზომვა. ეს მეთოდი ემყარება იმას, რომ ნივთიერების კონცენტრაცია ლაქაში, და თვით საანალიზო ნაზავში, და ლაქის შეფერვის ინტენსიობა ერთმანეთთან წრფივ დამო-

კიდებულებაში იმყოფებიან. ამიტომ, მთლიანი ლაქის შეფერვის ინტენსივობის განსაზღვრის გზით შეიძლება ვიმსჯელოთ ნაზავში ცალკეულ კომპონენტთა კონცენტრაციის შესახებ. რაოდენობრივი განსაზღვრის ჩატარების მიზნით წინასწარ უნდა ავაგოთ საკალიბრო გრაფიკი კონცენტრაციების მიხედვით. ლაქის შეფერვის ინტენსივობა ისაზღვრება დენსიტომეტრის საშუალებით, რომელიც სპეციალურად მოწყობილია შეფერვის სიმკვრივის გასაზომად. იგი მუშაობს ქრომატოგრამაში გამავალი შუქის ნაკადის ფოტომეტრირების პრინციპზე [51, 55].

რაოდენობრივი ანალიზის მეორე ჯგუფის მეთოდებს განეკუთვნება ქრომატოგრამაზე მიღებული ლაქების გამოწვლილვის მეთოდი. ამ მეთოდის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ მიღებულ ქრომატოგრამას ჭრიან ნაწილებად ისე, რომ თითოეულ ნაწილში მხოლოდ ერთი ლაქა იყოს. შემდეგ ახდენენ კომპონენტის ექსტრაგირებას და მისი რაოდენობის განსაზღვრას რომელიმე ხელმისაწვდომი მეთოდით. თითოეული ლაქის მდებარეობის წინასწარ განსაზღვრის მიზნით ამზადებენ ორ ერთი და იგივე ნაერთის ქრომატოგრამას. ერთს ამჟღავნებენ, მეორეს კი არა. გამჟღავნებულ ქრომატოგრამაზე გამოსახული ლაქის ადგილმდებარეობის მიხედვით გაუმჟღავნებელი ქრომატოგრაფიული ქაღალდიდან იჭრება შესატყვისი ადგილი.

იმ შემთხვევაში, როცა სურთ გაზარდონ ამა თუ იმ ნივთიერების რაოდენობა გამონაწვლილში, ამზადებენ რამდენიმე ქრომატოგრამას, ჭრიან შესაბამის ადგილებს და გამონაწვლილებს ერთად აგროვებენ.

ზემოაღნიშნული მეთოდი, მართალია უფრო ზუსტია, მაგრამ ამასთანავე, მეტად შრომატევადიც. ეს მეთოდი იმ შემთხვევაში უმჯობესია გამოვიყენოთ, როცა სხვა მეთოდებით შეუძლებელია მიღწეულ იქნას სასურველი სიზუსტე, აგრეთვე მაშინ, როცა გამოყოფილი ნივთიერება საჭიროა თვისებებისა და სტრუქტურის შემდგომი შესწავლის მიზნით.

### ქაღალდის ქრომატოგრაფიის სახეები

ქაღალდის ქრომატოგრაფიის სხვადასხვა სახე არსებობს, მათ შორის: ერთმხრივი, ორმხრივი, წრიული და სხვ. ერთმხრივი და ორმხრივი ქრომატოგრაფია შეიძლება ჩავატაროთ როგორც აღმავალი, ისე დაღმავალი ნაკადის გამოყენებით. ქრომატოგრაფიის ყველა აღნიშნულ სახესა და ხერხს გააჩნია როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი მხარეები. ამიტომ ქრომატოგრაფიის ამა თუ იმ საშუალების შერჩევა უნდა მოახდინოს ექსპერიმენტატორმა კონკრეტული პირობებისა და ამოცანების გათვალისწინების საფუძველზე.

## ერთმხრივი აღმავალი ქრომატოგრაფია

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ქაღალდის ქრომატოგრაფიის უმარტივეს ვარიანტად ითვლება ერთმხრივი აღმავალი ქრომატოგრაფია. საანალიზო ნიმუშს ვაწვეთებთ ქაღალდის ქვედა ბოლოში სასტარტო ხაზზე. უკეთუ უკრავ ფაზად გამოყენებული გვაქვს წყალი, მაშინ ქაღალდის წინასწარი გაჟღენთვა არ არის საჭირო, ვინაიდან ჰაერ-მშრალი ქაღალდი შეიცავს ტენის საკმაო რაოდენობას (20 — 22%-მდე).

უძრავი ფაზით მაძღარ მოძრავ ფაზას ვასხამთ ქრომატოგრაფიული კამერის ფსკერზე. ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს ქვედა ნაპირით, იმ ადგილით, სადაც დაწვეთებულია სინჯი, ჩავუშვებთ კამერაში იმგვარად, რომ სითხე (ორგანული გამხსნელი) ქაღალდს 0,5 — 1 სმ-ით შემოადგეს. ქაღალდს ზედა ნაპირით ისე დავამაგრებთ, რომ იგი თავისუფლად ეკიდოს კამერაში. ქრომატოგრაფირების პროცესში ტემპერატურის მერყეობა არ უნდა აღემატებოდეს ±1,5°C-ს.

კაპილარული ძალებით მოძრავი ფაზა გადაადგილდება ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე ქვემოდან ზემოთ, წარიტაცებს და დაჰყოფს ქაღალდზე დაწვეთებულ სინჯს შემადგენელ კომპონენტებად. თითოეული მათგანი Rf-ის სხვადასხვაობის გამო ქაღალდზე განსხვავებული სიჩქარით მოძრაობს. ქრომატოგრაფირება დამთავრებულად ჩაითვლება, როცა მოძრავი ფაზის ფრონტი ქაღალდზე გარკვეულ ზღვარს მიაღწევს. ქაღალდს ამოვიღებთ კამერიდან, გავაშრობთ და გავამჟღავნებთ.

საანალიზო ნაზავის ქაღალდზე დასაწვეთებლად გამოყენებულია კაპილარი ან მიკროპიპეტი. მხედველობაში მისაღებია ის გარემოება, რომ ლაქების გაყოფის ხარისხი დამოკიდებულია დაწვეთებული ნივთიერების რაოდენობაზე. ექსპერიმენტის გზით უნდა დავადგინოთ, რა რაოდენობის სინჯის დაწვეთების შემთხვევაში მიიღწევა უკეთესი გაყოფა.

## ერთმხრივი დაღმავალი ქრომატოგრაფია

ერთმხრივი დაღმავალი ქრომატოგრამის მისაღებად ქრომატოგრაფიული კამერის ზედა განიერ ნაწილში ვდგამთ ვიწრო ქრომატოგრაფიულ ნავს, ქაღალდს ბოლოს გადავუკეცავთ (იმ მხარეს, საიაც დაწვეთებულია საანალიზო სინჯი) და მოვათავსებთ ნავში იმ ვარაუდით, რომ ქაღალდი მთლიანი სიგრძით გადმოეკიდოს ნავზე და თავისუფლად ჩაეშვას კამერაში (სურ. 6).

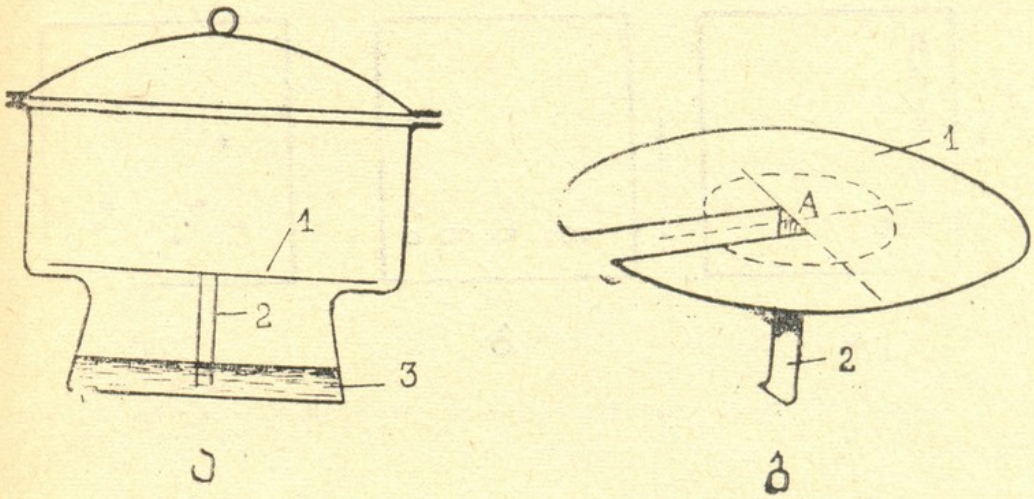
ქაღალდის დამაგრების მიზნით გადაკეცვის ადგილას ქაღალდს ნავში ზემოდან დავადებთ სქელი მინის ნაჭერს (დაახლოებით ნავისა-

ვე სიგრძის) და ფრთხილად ჩავასხამთ შესაფერ ორგანულ გამხსნელს. ქაღალდს იმ ვარაუდით ვათავსებთ ნავში, რომ დაწვეთებული საანალიზო სინჯის წერტილები (ს

ნულ ზოლს გადავკეცავთ და ჩავუშვებთ გამხსნელის ფენაში, რომელიც ჩასხმულია ექსიკატორში. ქაღალდის წრის ცენტრისაკენ გამხსნელის ნაკადის მიწოდების სიჩქარის რეგულირება შეიძლება ქაღალდის ზოლის სიგანის შეცვლით.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

მას შემდეგ, რაც გამხსნელი მიაღწევს წრის ნაპირამდე, ქაღალდს ამოვიღებთ ექსიკატორიდან, გავაშრობთ და გავამჟღავნებთ.




სურ. 7. ა — ქრომატოგრაფიის მოწყობილობა: 1—ქრომატოგრაფიული ქაღალდი; 2—ქაღალდის ზოლი; 3—გამხსნელი. ბ—წრიული ქრომატოგრამის ფორმა. (A—ნიმუშის დატანის ადგილი); 1—ქაღალდის წრე; 2—გამხსნელის მისაწოდებელი ზოლი.

## ორმხრივი ქრომატოგრაფია

ერთმხრივი ქრომატოგრაფია უზრუნველჰყოფს სხვადასხვა Rf-ის მქონე საძიებელი ნივთიერებების ერთმანეთისაგან დაშორებას და ორდინატის პარალელურად განლაგებას. იმ შემთხვევაში, როცა საანალიზო ნიმუში მრავალი კომპონენტისაგან შედგება და ზოგიერთ მათგანს ერთი და იგივე მოძრაობის სიჩქარე აქვს ერთსა და იმავე გამხსნელში, ლაქები ერთმანეთს დაემთხვევა და მათი იდენტიფიცირება შეუძლებელი შეიქმნება. ასეთ შემთხვევაში მიმართავენ მეორე გამხსნელს, რომელსაც პირველისაგან განსხვავებული განაწილების კოეფიციენტი ახასიათებს.

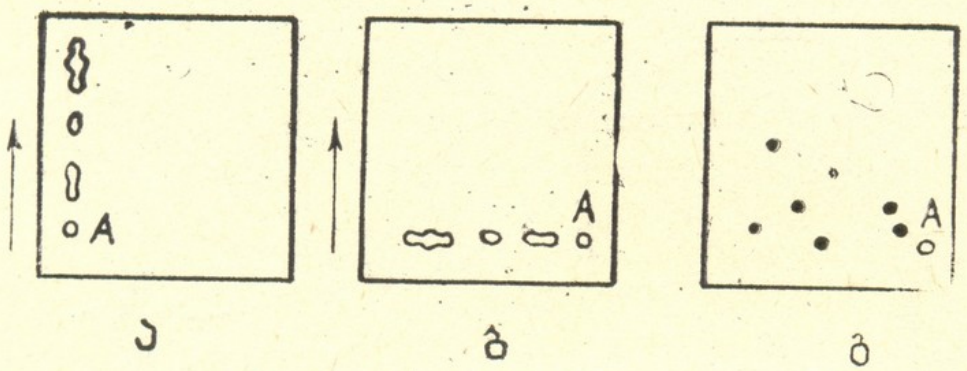
ორმხრივი ქრომატოგრამის მისაღებად ვიყენებთ 20×20, 30×30 ან 40×40 სმ ზომების ქაღალდს. საანალიზო ნაზავის წვეთს ვაწვეთებთ ქაღალდის მარცხენა კუთხეში ნაპირებიდან 5 სმ-ის დაშორებით (სურ. 8).

დაწვეთებული წერტილის გაშრობის შემდეგ ქაღალდს ვათავსებთ ქრომატოგრაფიულ კამერაში, რომლის ძირზეც, ჩასხმული გვაქვს

ერთ-ერთი გამხსნელი (აღმავალი ქრომატოგრაფია). მას შემდეგ, რაც გამხსნელი გაივლის ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს და მის ზედა ნაპირს მიაღწევს, ქაღალდს ამოვიღებთ კამერიდან და გავაშრობთ.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

მეორე გამხსნელში ჩაშვების წინ გამშრალ ქაღალდს 90°-ით შემოვაბრუნებთ საათის ისრის საწინააღმდეგოდ. ამ დროს დაწვეთების წერტილი აღმოჩნდება მარჯვენა კუთხეში, ხოლო საანალიზო ნაზავის




სურ. 8. ორმხრივი ქრომატოგრამის მიღების სქემა. (A—საანალიზო ხსნარის დატანის ადგილი).

კომპონენტთა მოძრაობის ზოლი ქვემოთ (სურ. 8 ბ). ამ მდგომარეობაში ქაღალდს ვათავსებთ მეორეგამხსნელიან ქრომატოგრაფიულ კამერაში, ისე რომ მისი ბოლო მოთავსდეს გამხსნელში 0,5 სმ სიღრმეზე. როგორც კი გამხსნელი ქაღალდის ზედა ბოლოს მიაღწევს, ქრომატოგრაფირებას შევწყვეტთ. ქაღალდს კამერიდან ამოვიღებთ, გავაშრობთ და საანალიზო ნივთიერებათა წარმოქმნილ ზოლებს ვამჟღავნებთ წინასწარ შერჩეული ინდიკატორით. ამ წესით მიიღება ორმხრივი ქრომატოგრამა, როგორც მე-8 გ სურათზეა ნაჩვენები.

იმ შემთხვევაში, თუკი საკვლევი ნივთიერების რომელიმე ლაქა საეჭვოა, ორმხრივ ქრომატოგრაფიას ისეთივე თანმიმდევრობითა და რიგით გავიმეორებთ, როგორც წინა შემთხვევაში იმ განსხვავებით, რომ საანალიზო ნივთიერების წვეთზე უნდა დავუმატოთ „საეჭვო“ საძიებელი ნივთიერების სუფთა პრეპარატი. ამ ღონისძიების მიზანია გაძლიერდეს „საეჭვო“ ლაქა, თუკი იგი დამატებული ნივთიერების იდენტურია.

### საწყისი ლაქის მდებარეობის, ფორმისა და ზომის განსაზღვრა

ადგილი ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე, სადაც ნიმუშის დაწვეთებაა განსაზღვრული, წინასწარ ფანქრით უნდა მოვნიშნოთ. საანალიზო

ნიმუშის დაწვეთების წერტილების განლაგება განისაზღვრება ქრომატოგრაფიული ხელსაწყოს ზომებითა და გაყოფის ხერხით (აღმავალი, დაღმავალი, წრიული ქრომატოგრაფია).

ეროვნული ბიბლიოთეკა

დაღმავალი ქრომატოგრაფიის დროს სასტარტო ხაზი მოიზომება ჩვეულებრივ 6 სმ-ის დაშორებით ქაღალდის ქვედა ბოლოდან. სტარტზე დატანილ წერტილებს შორის მანძილი უნდა იყოს გაზრდილი, თუკი არის გვერდითი დიფუზიის ან გამხსნელის არასწორი მიმართულებით მოძრაობის საშიშროება. ჩვეულებრივ პირობებში საანალიზო სინჯი შეიძლება დავაწვეთოთ იმგვარად, რომ დაშორება მათ შორის იყოს 25 — 30 მმ-მდე.

ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე საანალიზო სინჯის მხოლოდ ერთი წვეთის დატანისას ჭრიან 2 — 5 სმ სიგანის ქაღალდს, სიგრძე კი განისაზღვრება გაყოფის პირობების მიხედვით.

## საანალიზო ნიმუშის დატანა

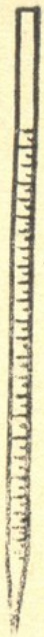
საანალიზო სინჯის მცირე ზომის წერტილის დატანის დროს უმჯობესდება გაყოფის ხარისხი, თუმცა ეს პროცესი მეტ სიფაქიზესა და მონდომებას მოითხოვს. ამ დროს მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ნაზავის კონცენტრაცია. ზოგჯერ მაღალი კონცენტრაციის ნაზავის დატანისას მცირე ზომის წერტილს ვღებულობთ, მაგრამ გაყოფის ხარისხი უარესდება, რადგან დატანის ადგილზე გაძნელებულია გამხსნელის გადაადგილება კომპონენტთა მეტად მაღალი კონცენტრაციის გამო. ეს გარემოება კი იწვევს ქრომატოგრამაზე მცდარი შედეგების მიღებას.

## დატანის ტექნიკა

საანალიზო ნაზავი ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე უმთავრესად მიკროპიპეტის საშუალებით დააქვთ. აბსოლუტური რაოდენობრივი განსაზღვრების ჩატარების დროს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება საანალიზო სინჯის ზუსტად გაზომვას.

საანალიზო სინჯის ქაღალდზე დასატანად შეიძლება გამოვიყენოთ სისხლის ანალიზისათვის განკუთვნილი პიპეტები, რომლებიც დაკალიბრებულია წონითი მეთოდით — 5, 10, 20, 25 მიკროლიტრზე, უფრო მეტი რაოდენობის სინჯის დაწვეთებისას კი ჩვეულებრივ, გამოიყენება დაგრადუირებული პიპეტები (სურ. 9). ეს პიპეტები გამძლეა და გარეცხვისას ადვილად არ იმსხვრევა. ამგვარი პიპეტის წვერი უნდა

იყოს წვრილი და წამახვილებული. იმ შემთხვევაში, როცა გვსურს მივიღოთ მცირე ზომის წერტილები, უნდა გამოვიყენოთ წვრილი კაპილარები, რომელსაც ამზადებს თვით ექსპერიმენტატორი. წვრილი კაპილარის წვერი უნდა შევახოთ პიპეტის წვერს, რომელშიც მოთავსებულია ნაზავის წინასწარ განსაზღვრული რაოდენობა. შეხებისას პიპეტიდან სითხე გადაედინება კაპილარში.



სურ. 9 დაგრადუირებული პიპეტი.

შედარებით დიდი მოცულობის საანალიზო სინჯი ქაღალდზე დაგვაქვს რამდენიმეჯერადი განმეორების გზით ისე, რომ დატანის ადგილზე სწრაფი გაშრობისათვის ჰაერის თბილი ნაკადი მიედინებოდეს. სინჯი განმეორებით დაგვაქვს მხოლოდ წინა წვეთის გაშრობის შემდეგ.

არსებობს ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე საანალიზო სინჯის დასატანი სპეციალური მაგიდა. მას აქვს ჰაერშემბერი, რომელიც სასტარტო ხაზზე აწოდებს სასურველ ტემპერატურაზე შემთბარ ჰაერს.

სპეციალური ნაწილი

## ყურძნის პროდუქტთა ანალიზი ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდით

### ორგანული მჟავების განსაზღვრა ყურძნის ტკბილში, ღვინოსა და კონიაკის სპირტში

ორგანული მჟავები ქაღალდის ქრომატოგრაფიის საშუალებით პირველად დაყოფილ იქნა 1947—60 წლებში. ამ პერიოდს განეკუთვნება შრომები არააქროლადი მჟავების, აქროლადი მჟავებისა და კეტომჟავების დაყოფის შესახებ [67, 66, 63, 54, 58, 22 და სხვ.].

ყურძნის წვენისა და ღვინის ორგანული მჟავები ღრმად შეისწავლა ა. კ. როდოპულომ 1952 — 56 წლებში [43, 40]. ორგანული მჟავების ქაღალდის ქრომატოგრაფიის საშუალებით განსაზღვრის მეთოდები შემოთავაზებულ იქნა სხვა ავტორების მიერაც [44, 52, 71, 72, 75].

ამჟერად არსებობს ქაღალდის ქრომატოგრაფიის საშუალებით ყურძნის წვენისა და ღვინის ორგანული მჟავების განსაზღვრის მრავალი მეთოდი.

### ორგანული მჟავების განსაზღვრა ყურძნის ტკბილსა და ღვინოში [43]

(ა. როდოპულოს მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს  პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ითვალისწინებს ყურძნის წვენიდან ან ღვინიდან მთრიმლავი და საღებავი ნივთიერებების,

აქროლადი მჟავების მოცილებას, საანალიზო ნიმუშის გოგირდის ეთერით ექსტრაქციას და ექსტრაქტის ქრომატოგრაფირებას.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

საჭირო რეაქტივები: 1. ტყავის ფხვნილი ან ცხოველური ნახშირი; 2. კონცენტრული $H_2SO_4$; 3. გოგირდის ეთერი; 4. ნ — ბუთანოლი; 5. 5%-იანი ჭიანჭველმჟავას ხსნარი; 6. ბრომკრეზოლის მწვანისა ან ბრომფენოლის ლურჯის 0,04%-იანი წყლიანი ან სპირტიანი ხსნარი.

საანალიზო ნიმუშის მომზადება. ვიღებთ 50 მლ ყურძნის ტკბილს ან ღვინოს და ვაუფერულებთ ტყავის ფხვნილით ან ცხოველური ნახშირით*, შემდეგ გადაგვაქვს აქროლად მჟავათა სახდელ აპარატში და წყლის ორთქლის საშუალებით ვხდით აქროლადი მჟავების მოსაცილებლად. გამოხდის შემდეგ ნაშთს ვამჟავებთ რამდენიმე წვეთი კონცენტრული გოგირდის მჟავით და გადაგვაქვს სოქსლეტის ექსტრაქტორის ჭიქაში. ექსტრაქციას ვატარებთ 90 საათის განმავლობაში გოგირდის ეთერით. ეთერიან გამონაწვლილს უნდა დავუმატოთ 10 მლ წყალი და ეთერის მოსაცილებლად გამოვხადოთ ან ავაორთქლოთ.

ორგანულ მჟავათა შემცველი წყლიანი ხსნარი უნდა გავფილტროთ ქაღალდის ფილტრში. კულა და ფილტრი რამდენჯერმე უნდა გავრეცხოთ მცირე მოცულობის წყლით და ნარეცხი ფილტრატთან ერთად მოვაგროვოთ იმ ვარაუდით, რომ მთელი ფილტრატი არ აღემატებოდეს 25 მლ-ს, ე. ი. საანალიზოდ აღებული ტკბილის ან ღვინის 50%-ს.

გამხსნელად გამოყენებულია წყლით მაძღარი ნ — ბუთანოლი 5% ჭიანჭველმჟავას დამატებით. შკოლნიკის [56] მონაცემების მიხედვით, ორგანული მჟავებისათვის საუკეთესო გამხსნელად ითვლება ჭიანჭველმჟავითა და წყლით მაძღარი ნ — ბუთილის სპირტი.

გამამჟღავნებლად იხმარება ბრომკრეზოლის მწვანისა ან ბრომფენოლ ლურჯის 0,04%-იანი წყლიანი ან სპირტიანი (უმჯობესია) ხსნარი.

ქრომატოგრაფირების ტექნიკა. ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე მიკროპიპეტის საშუალებით სასტარტო ხაზზე თითოეულ წერტილში უნდა დავაწვეთოთ 100 — 200 მიკროლიტრი საანალიზო

---

* ტყავის ფხვნილი ან ცხოველური ნახშირი ღვინოს ემატება იმ მიზნით, რომ მას მოვაცილოთ მთრიმლავი და საღებავი ნივთიერებები, თუმცა საპონჯიანი და გევორქიანი თვლიან [44], რომ ორგანულ მჟავათა განსაზღვრის დროს ცხოველური ნახშირის დამატება ღვინოში არ შეიძლება, რადგან მას აქვს ორგანული მჟავების ადსორბირების უნარი. ზოგიერთი ავტორი [59] ცხოველური ნახშირის დამატების გარეშე ახდენდა საანალიზო ნიმუშის ქრომატოგრაფირებისათვის მომზადებას და კარგ შედეგებსაც აღწევდა.

ნიმუში. საკვლევი ნივთიერების ყოველი ლაქა შეიცავს რამდენიმე მიკროგრამ ცალკეულ ორგანულ მჟავას.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

დაწვეთების დამთავრების შემდეგ წვეთებს ვაცდით გაშრობას, შემდეგ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს დაწვეთებული ბოლოთი ვათავსებთ გამხსნელით სავსე ნავში და ვკიდებთ კამერაში, სადაც ქაღალდი იმყოფება იმ დრომდე, ვიდრე გამხსნელი ქაღალდზე არ დაფარავს 45 — 48 სმ მანძილს.

შემდეგ ქაღალდს ამოვიღებთ კამერიდან, აღვნიშნავთ ფანქრით გამხსნელის ფრონტის ზღვარს და ამწოვ კარადაში ვაშრობთ (8 — 10 საათის განმავლობაში) იმ დრომდე, ვიდრე ქაღალდიდან არ აორთქლდება ჭიანჭველმჟავა, რომელიც ხელს უშლის საკვლევ კომპონენტთა ლაქების გამჟღავნებას.

ზემოაღნიშნული მეთოდით დაყოფილი ორგანული მჟავები ხასიათდებიან შემდეგი Rf-ით: მჟაუნმჟავა — 0,07; ღვინომჟავა — 0,23; ლიმონმჟავა — 0,34; ვაშლმჟავა — 0,48; ქარვამჟავა — 0,70; ფუმარმჟავა — 0,72.

ორგანულ მჟავათა რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის თითოეულ საანალიზო ნიმუშს ვაწვეთებთ ორ წერტილზე ერთმანეთის გვერდით. გამხსნელის მიერ ფრონტის გავლისა და ქაღალდის გაშრობის შემდეგ ერთ-ერთი წერტილის შესაბამის ქრომატოგრაფიულ ზოლს ფრონტის სიგრძეზე ვაფარებთ სქელ ქაღალდს, მეორეს კი ღიად ვტოვებთ გამამჟღავნებლით შესხურების მიზნით. გამჟღავნებისა და ქაღალდის გაშრობის შემდეგ თითოეული მჟავის შესაბამისი გაუმჟღავნებელი ლაქა უნდა ამოვჭრათ ქრომატოგრამიდან, წვრილად დავჭრათ, მოვათავსოთ სინჯარაში და გამოწვლილვის მიზნით თითოეულს თანაბარი რაოდენობით (2 — 5 მლ) დავუმატოთ 96%-იანი ეთილის სპირტი. დაყოვნების შემდეგ გამონაწვლილი ტუტის ხსნარით გავტიტროთ და მიღებული შედეგიდან მჟავის რაოდენობა ვიანგარიშოთ.

### ორგანული მჟავების განსაზღვრა ღვინოში [44]

(ს. საპონჯიანისა და ხ. გევორქიანის მიხედვით)

ს. საპონჯიანი და ხ. გევორქიანი ორგანული მჟავების განსაზღვრის ქრომატოგრაფიული მეთოდის შემუშავების დროს ეყრდნობოდნენ იმას, რომ როდოპულოს მეთოდით [44] მჟავების ექსტრაქციისათვის საჭიროა მეტად დიდი დრო (90 საათი), ვინაიდან ორგანული მჟავები ძნელად იხსნებიან ეთერში. ამ მოსაზრებით საპონჯიანმა და გევორქიანმა ესტრაქციის მაგივრად მიმართეს ორგანული მჟავების დალექვას ძმარმჟავა ტყვიით, რისთვისაც გამოიყენეს ძნელადხსნადი ტყვიის მარილები.

ორგანული მჟავების დალექვის ტექნიკა მდგომარეობს შემდეგში: 50 მლ საანალიზო ღვინო უნდა ავაორთქლოთ ნახევრამდე, გავანეიტრალოთ 0,1 N ტუტის ხსნარით (K ან Na) და ტიტრული მჟავიანობის ყოველ გრამზე მასში შევიტანოთ 1—1,2 მლ 5%-იანი ძმარმჟავა ტყვიის ხსნარი, ამასთანავე, უნდა დავუმატოთ თანაბარი მოცულობის 96 მოც. %-იანი ეთილის სპირტი და ერთი საათით გავაჩეროთ წყნარ მდგომარეობაში.

ხსნარში გამოლექილი ორგანული მჟავების ტყვიის მარილებს ვფილტრავთ, ფილტრატი კვლავ გადაგვაქვს ჭიქაში, სადაც გამოლექვა ხდებოდა და თავისუფალი მჟავების მიღების მიზნით ვამუშავებთ გოგირდწყალბადით.

გამოყოფილი გოგირდოვანი ტყვიის შავი ნალექი უნდა გავფილტროთ, გავრეცხოთ 2 — 3-ჯერ გოგირდწყალბადიანი წყლით და ფილტრატი ავადუღოთ ელექტროქურაზე გოგირდწყალბადის სრულ მოცილებამდე.

ამგვარად, მიღებული ორგანული მჟავების კონცენტრული ხსნარი მზად იქნება ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დასაწვეთებლად. ეს მეთოდი გამოთიშავს საანალიზო ღვინის ცხოველური ნახშირით დამუშავების საჭიროებას და 90 საათიანი ექსტრაქციის ნაცვლად საანალიზო ნიმუშის მომზადების დრო 3 საათამდე დაჰყავს. ავტორთა მონაცემებით, მოდიფიცირებული მეთოდით მჟავების დაყოფისას მიიღება უკეთესი შედეგები.

საინტერესოა, აგრეთვე ს. საპონჯიანისა და ხ. გევორქიანის მიერ საანალიზო ღვინის წინასწარი დამუშავების გარეშე ჩატარებული ქრომატოგრაფიული ანალიზის შედეგები [44]. ავტორები 25 მლ საანალიზო ღვინოს აორთქლებდნენ $^1/_4$ მოცულობამდე ან კიდევ უფრო მცირე მოცულობამდე (რაც დამოკიდებულია მჟავათა რაოდენობრივ შემცველობაზე ღვინოში), შემდეგ ამჟავებდნენ გოგირდის მჟავით (2—3 წვეთი 20%-იანი $H_2SO_4$) და მიღებული ექსტრაქტი დაჰქონდათ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე. ჩატარებული კვლევის საფუძველზე, ავტორები ასკვნიან, რომ მშრალი ღვინოების ქრომატოგრაფირების დროს არ არის აუცილებელი მათი წინასწარი დამუშავება.

## ორგანულ მჟავათა განსაზღვრა ღვინის წინასწარი დამუშავების გარეშე [3]

მეთოდის პრინციპი. მეთოდი ითვალისწინებს ღვინის საანალიზო ნიმუშის წყლიან აბაზანაზე აორთქლებას და დარჩენილი ექსტრაქტის ქრომატოგრაფირებას.

საჭირო რეაქტივები: 1. ნ — ბუთანოლი; 2. ჭიანჭველმჟავა; 3. 0,04% ბრომფენოლლურჯის წყლიანი ან სპირტიანი ხსნარი.

ნიმუშის მომზადება. 50 მლ საანალიზო ღვინო პიპეტის საშუალებით გადაგვაქვს ფაიფურის ჯამზე, ვდგამთ წყლის აბაზანაზე და ღვინოს ვაორთქლებთ მანამდე, ვიდრე ჯამზე არ დაგვრჩება დაახლოებით 2 — 3 მლ ნიმუში. ნარჩენი მცირე რაოდენობის გამოხდილი წყლით მორეცხვით გადაგვაქვს პატარა საზომ ცილინდრში და მიგვყავს 5 მლ-მდე, შევანჯღრევთ და დასაწმენდად მეორე დღემდე მაცივარში მოვათავსებთ.

მეორე დღეს დაწმენდილი ფენიდან მიკროპიპეტით უნდა ავიღოთ საანალიზო ნიმუში 0,03 — 0,05 მლ-ის რაოდენობით და ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დავიტანოთ.

გამხსნელი. ორგანული მჟავების ქრომატოგრაფირებისათვის გამხსნელად გამოიყენება ნ — ბუთანოლის, ჭიანჭველმჟავასა და წყლის ნაზავი 4 : 1 : 2 შეფარდებით.

ორგანული მჟავების ანალიზისათვის საზოგადოდ გამოყენებულია აღმავალი ქრომატოგრაფია. როცა გამხსნელი ქაღალდზე გაივლის დაახლოებით 40 სმ-ს, ქაღალდი უნდა ამოვიღოთ კამერიდან და გავაშროთ ჰაერზე, ვიდრე ჭიანჭველმჟავას სუნი მთლიანად არ გაქრება.

ქრომატოგრაფიული ქაღალდის გამჟღავნება. ორგანული მჟავების გამამჟღავნებლად გამოყენებულია 0,04%-იანი ბრომფენოლლურჯის წყლიანი ან სპირტიანი ხსნარი, რომელსაც პულვერიზატორის საშუალებით ვასხურებთ გამშრალ ქრომატოგრამას. ფერადი ინდიკატორის შესხურების შემდეგ ქრომატოგრამა უნდა გავაშროთ და ცალკეულ კომპონენტთა ლაქების Rf გამოვთვალოთ.

ღვინის ორგანული მჟავები ზემოაღწერილ პირობებში ხასიათდებიან შემდეგი Rf-ით: მჟაუნმჟავა — 0,08; გლუკონმჟავა — 0,14; ღვინომჟავა — 0,34; ლიმონმჟავა — 0,45; ვაშლმჟავა — 0,54; რძემჟავა — 0,74; ქარვამჟავა — 0,78 და ფუმარმჟავა — 0,86.

ორგანულ მჟავათა რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის თითოეული მჟავის შესაბამისი გაუმჟღავნებელი ლაქა უნდა ამოვჭრათ ქრომატოგრამიდან, წვრილად დავჭრათ, მოვათავსოთ სინჯარაში და გამოწვლილვის მიზნით თითოეულს თანაბარი რაოდენობით დავუმატოთ 96%-იანი ეთილის სპირტი. დაყოვნების შემდეგ გამონაწვლილი 0,01 N ტუტის ხსნარით გავტიტროთ და მიღებული შედეგიდან მჟავის რაოდენობა ვიანგარიშოთ.

## კეტომჟავების განსაზღვრა ღვინოში [22]

ეროვნული ბიბლიოთეკა

(ი. ეგოროვისა და ნ. ბორისოვას მიხედვით)

**მეთოდის პრინციპი.** ღვინის კეტომჟავების (კეტოგლუტარისა და პიროყურძნის) ქრომატოგრაფიული განსაზღვრის მეთოდიკა ემყარება კეტომჟავების ფენილჰიდრაზინთან ურთიერთმოქმედებისას მათი ჰიდრაზონების წარმოქმნის რეაქციას და წარმოქმნილი ჰიდრაზონების ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე გაყოფას.

**საჭირო რეაქტივები:** 1. 2 n HCl; 2. 2,4 დინიტროფენილჰიდრაზინის 0,4%-იანი ხსნარი 2 n HCl-ში; 3. გოგირდის ეთერი; 4. მწვავე ტუტე; 5. 2 n წყლიანი ამიაკი; 6. ნ — ბუთილის სპირტი; 7. ეთილის სპირტი; 8. 1 n NaOH-ის ხსნარი.

**საანალიზო ნიმუშის მომზადება.** ვიღებთ 10 მლ საკვლევ ღვინოს, ვათავსებთ მცირე მოცულობის გამყოფ ძაბრში და ვამატებთ 1 მლ 2 n HCl-ში გახსნილ 0,4%-იან 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზინის ხსნარს. გამყოფ ძაბრს ძლიერად ვანჯღრევთ და ოთახის ტემპერატურაზე ვაჩერებთ 45 წუთით ჰიდრაზონების წარმოსაქმნელად. ეგოროვისა და ბორისოვას [22] მონაცემებით, ამ დროის განმავლობაში ღვინის ყველა კეტომჟავა შედის რეაქციაში ფენილჰიდრაზინთან და წარმოიქმნება მათი ჰიდრაზონები *. ამავე გამყოფ ძაბრში ვამატებთ 5 მლ გოგირდის ეთერს, რათა მოვახდინოთ წარმოქმნილი ჰიდრაზონების გამოწვლილვა. გამყოფ ძაბრს ვანჯღრევთ და შემდეგ ვაცილებთ ეთერიან ფენას. ოპერაციას ვიმეორებთ ხუთჯერ.

ამ გზით მიღებულ, ერთად მოგროვებულ ეთერიან ექსტრაქტებს ვაორთქლებთ წყლის აბაზანაზე მცირე ვაკუუმის ქვეშ. ნარჩენი უნდა გავაშროთ ვაკუუმ-ექსიკატორში მწვავე ტუტის თანდასწრებით და შემდეგ გავხსნათ 3 მლ 2 n წყლიან ამიაკში.

ამიაკიანი ხსნარი, რომელიც შეიცავს კეტომჟავების მარილებს, უნდა გავრეცხოთ ეთერით, თავისუფალი ფენილჰიდრაზინისა და ნეიტრალური ჰიდრაზინების მოსაცილებლად. ამიაკიანი ხსნარი იქამდე უნდა ვრეცხოთ, ვიდრე ეთერის უკანასკნელი ულუფა ტუტესთან უარყოფით რეაქციას მოგვცემდეს.

ამგვარად მიღებული წყლიან-ამიაკიანი ხსნარიდან ვიღებთ 0,1 მლ-ს და ვაწვეთებთ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე მცირე ზომის წერტილის სახით.

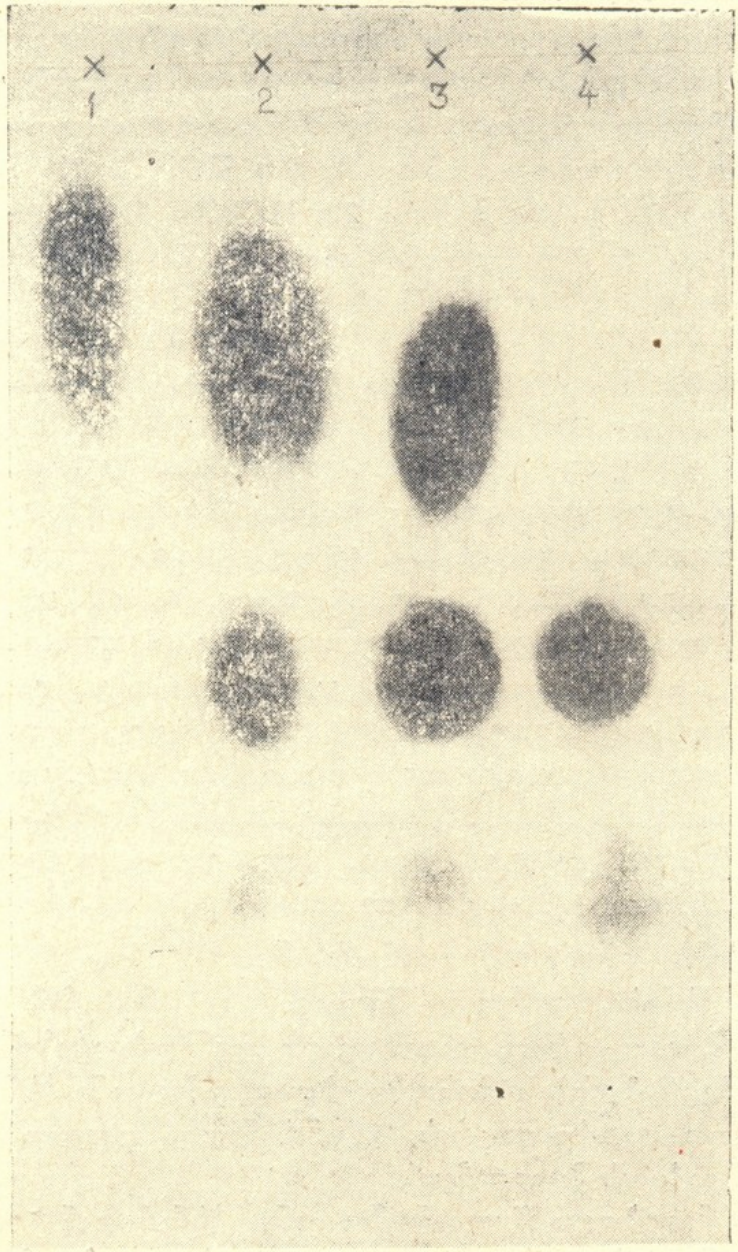
---

* იმ შემთხვევაში, როცა ღვინოში კეტომჟავების რაოდენობა 75 მგ/ლ-ზე აღემატება, დასამატებელი 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზინის ხსნარის რაოდენობაც უნდა გავზარდოთ 1,5 — 2 მლ-მდე.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ი ქ ა ღ ა ლ დ ი. ეგოროვისა და ბოროსოვას მონაცემებით [22], უმჯობესია გამოვიყენოთ ლენინგრადის ფაბრიკის სქელი, მუყაოს ტიპის ნელი ქაღალდი.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ ვიყენებთ ნ — ბუთილის სპირტის, ეთილის სპირტისა და წყლის ნაზავს 40 : 10 : 50 შეფარდებით.




სურ. 10. კეტომჟავების ჰიდრაზონების ქრომატოგრამა: 1—კეტოგლუტარმჟავა; 2—კეტოგლუტარმჟავისა და პიროყურძენმჟავის ნაზავი (მოწმე); 3—შამპანურის ღვინიდან გამოყოფილი კეტომჟავები; 4—პიროყურძენმჟავა; 5—კეტომჟავათა დატანის ადგილები.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. ნიმუშდაწვეთებულ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს ვათავსებთ ქრომატოგრაფიულ კა-

მერაში, ქაღალდის ზედა ბოლოს ვდებთ აბაზანაში, რომელშიც ჩასხმული გვაქვს გამხსნელი. ჰიდრაზონების სრული გაყოფისათვის საკმარისია ქაღალდი კამერაში გავაჩეროთ 7 — 8 საათით. ამ დროის განმავლობაში კეტომჟავების ჰიდრაზონები ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე განლაგდებიან მკვეთრად გამოყოფილი ყვითელ-ნარინჯისფერი ლაქების სახით.

კეტომჟავების რაოდენობრივი განსაზღვრის ტექნიკა. ქრომატოგრამიდან ვჭრით ამა თუ იმ მჟავის შესაბამის ლაქას, ვაქუცმაცებთ და ვათავსებთ ცენტრიფუგის ჭიქებში, სადაც ვუმატებთ 4 მლ 1 n NaOH-ს. დაჭრილი ქაღალდი ცენტრიფუგირებისას (3000 ბრუნი/წუთში) კარგად იშლება და ერევა ტუტიან ხსნარს. ცენტრიფუგირება გრძელდება 20 წუთი, რის შემდეგაც გამჭვირვალე ხსნარი უნდა გადმოვასხათ და 15 წუთის გასვლის შემდეგ ჩავატაროთ მისი კოლორიმეტრირება, რისთვისაც ვიყენებთ ფოტოელექტრულ კოლორიმეტრს № 3 ლურჯი შუქფილტრით და კიუვეტს 3 მმ სისქის მქონე სითხის ფენით.

პიროყურძნის მჟავისა და კეტოგლუტარმჟავის რაოდენობის განსაზღვრისათვის ამ მჟავათა სუფთა პრეპარატების მეშვეობით შედგენილ უნდა იქნას სტანდარტული შკალა, რომლის მიხედვით გამოითვლება მათი რაოდენობრივი შემცველობა საკვლევ მასალაში.

### კარბონილურ ნაერთთა ჰიდრაზონებიდან კეტომჟავათა გამოწვლილვის მეთოდიკა

ნახევრადტკბილი, შემაგრებული, ხერესის ტიპის ღვინოებიდან ალიფატური ალდეჰიდების ჰიდრაზონების სახით [41] გამოყოფის დროს ეთერიან გამონაწვლილში გადმოდის სხვა კარბონილური ნაერთებიც, რომლებიც ხელს უშლიან ხოლმე ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე ალდეჰიდთა ჰიდრაზონების ნორმალურ გაყოფას. ზოგჯერ სასტარტო წერტილიდან ვღებულობთ ერთ მთლიან, წაგრძელებულ ზოლს და გაყოფა არ ხერხდება.

ა. როდოპულო და ი. ეგოროვი [41] ხერესიდან გამოყოფილ ჰიდრაზონებს ამუშავებდნენ ნახშირმჟავა ნატრიუმის 10%-იანი ხსნარით და ფილტრავდნენ. ფილტრატში გადიოდა კეტომჟავათა ჰიდრაზონები, ფილტრზე კი რჩებოდა ალდეჰიდთა ჰიდრაზონები. კეტომჟავათა შემცველ ხსნარს ამუშავებდნენ მარილმჟავით და ჰიდრაზონებს წვლილავდნენ ეთილაცეტატით. შემდეგ ამ უკანასკნელს აორთქლებდნენ, ნაშთს აშრობდნენ ექსიკატორში, ხსნიდნენ დიოქსანში და დაჰქონდათ „ვატმან 3“ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე.

გამხსნელად გამოყენებული იყო მესამეული ამილის სპირტის, ეთილის სპირტისა და წყლის ნაზავი 45 : 5 : 20 შეფარდებით.

ავტორთა მიერ ხერესის ტიპის ღვინოში ნაპოვნი იყო: α — კეტოგლუტარმჟავა, პიროყურძნის მჟავა (კეტო და ენოლური ფორმით), აგრეთვე მჟაუნმჟავა. სამი ლაქი ქრომოტოგრამაზე იდენტიფიცირებული არ ყოფილა.

## $C_2$ — $C_8$ ცხიმოვანი რიგის მჟავათა განსაზღვრა ღვინოსა და კონიაკის სპირტში [27]

ეროვნული ბიბლიოთეკა

(თ. კანანაძის მიხედვით)

ცხიმოვანი რიგის აქროლად მჟავათა ქრომატოგრაფიული განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი არსებობს [72, 32]. ქვემოთ აღწერილი ღვინის აქროლად მჟავათა განსაზღვრის კანანაძისეული [27] მეთოდი საშუალებას იძლევა კარგად დაიყოს საკვლევი ნარევი შემადგენელ კომპონენტებად, ამავე დროს ეს მეთოდი მარტივი და ხელმისაწვდომია ჩატარების თვალსაზრისით.

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდის პრინციპი ემყარება საანალიზო ღვინის ნიმუშის აქროლადი მჟავების ამონიუმის მარილებში გადაყვანას და მათ ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი. 1. 0,1 n NaOH-ის ხსნარი; 2. 1 n $H_2SO_4$-ის ხსნარი; 3. დიეთილეთერი; 4. $Na_2SO_4$; 5. კონცენტრული ამიაკის ხსნარი; 6. ნ — ბუთილის სპირტი; 7. 2%-იანი ამიაკის ხსნარი; 8. მეთილ-წითელის 0,1%-იანი სპირტხსნარი; 9. კლარკის ბუფერი — pH — 7.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 150 — 250 მლ ღვინოს (ნიმუშის რაოდენობა დამოკიდებულია მასში აქროლადი მჟავიანობის შემცველობაზე) და ვხდით ჩვეულებრივ აქროლადი მჟავის სახდელ აპარატში*. მიმღებ კოლბაში წინასწარ ვასხამთ 0,1 n-ის ტუტეს სახდელ კოლბიდან გადმოსულ მჟავათა შესაბოჭად. გამოხდის დამთავრების შემდეგ მიღებულ მჟავათა მარილების ხსნარს ვაორთქლებთ 10 — 15 მლ-მდე და შეკავშირებული მჟავების გამოსათავისუფლებლად ვამჟავებთ 1 n $H_2SO_4$-ის ხსნარით. მიღებული ხსნარი გადაგვაქვს გამყოფ ძაბრში და ვამატებთ დიეთილის ეთერს (დაახლოებით 1 : 1). ძაბრს ენერგიულად ვანჯღრევთ 5 — 6 წუთის განმავლობაში, შემდეგ ვაცდით გაყოფას და ეთერიან ფენას ცალკე ჭურჭელში ვასხამთ. ამ მანიპულაციას ვიმეორებთ 4-ჯერ. ეთერიან ექსტრაქტებს ერთად ვაგროვებთ, გაშრობისათვის ვამატებთ $Na_2SO_4$-ს. ვფილტრავთ, გადაგვაქვს სახდელ კოლბაში, და ეთერს ვხდით 1 — 2 მლ-მდე. დარჩენილი ექსტრაქტი მორეცხვით (ეთერით) გადაგვაქვს საზომ სინჯარაში 5 მლ-მდე და ამგვარად კონცენტრირებული ნიმუში მზად არის ქრომატოგრაფირებისათვის.

---

* კონიაკის სპირტის აქროლადი მჟავების განსაზღვრის შემთხვევაში გამოხდა არ არის საჭირო, 50 მლ სპირტს ნატრიუმის ტუტით ვატუტიანებთ 8—8,5 pH-მდე, ვურევთ მინის წკირით და წყლის აბაზანაზე ვაორთქლებთ 4 — 5 მლ-მდე, შემდეგ კი ისევე, როგორც ზემოთაა აღწერილი.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. ვამზადებთ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს („ლენინგრადის ნელი")*, ვზომავთ მანძილებს (3,5 სმ) სტარტზე საკვლევ წერტილებს შორის. შემდეგ პეტრის თასზე ვასხამთ 4 — 5 მლ კონცენტრირებულ ამიაკს, ქრომატოგრაფიის ქაღალდს ამიაკის თავზე ვათავსებთ, ისე, რომ ყველა დანიშნული წერტილი მოქცეული იყოს თასის შიგნით, ზემოდან ვაფარებთ იმავე ზომის პეტრის თასს. გარკვეული რაოდენობა საკვლევი ხსნარისა ფრთხილად დაგვაქვს წინასწარ აღნიშნულ წერტილებზე მცირე ულუფებით და სწრაფად ვაფარებთ პეტრის თასს. საკვლევი ხსნარის პარალელურად ქაღალდზე ვაწვეთებთ $C_2$—$C_8$ მჟავების ნარევის ხელოვნურ ხსნარს (მოწმეებს), 15 წუთით ხელს არ ვახლებთ, რათა ამიაკის ორთქლი შიგ ტრიალებდეს და თავისუფალი მჟავები ამონიუმის მარილებში გადავიდეს.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ უნდა გამოვიყენოთ ნ — ბუთილის სპირტისა და 2%-იანი ამიაკის ხსნარი 5 : 3 შეფარდებით, ამისათვის გამყოფ ძაბრში ვასხამთ 5 ნაწილ ნ — ბუთანოლს და 3 ნაწილს ამიაკის 2%-იან წყლიან ხსნარს. ენერგიულად ვანჯღრევთ და ფენების გაყოფის შემდეგ ზედა შრე გადაგვაქვს კიუვეტში, ვათავსებთ ქრომატოგრაფიულ კამერაში. გამხსნელის ორთქლით კამერის გაჟღენთვის მიზნით გამყოფი ძაბრის ქვედა ფენას ფრთხილად ვასხამთ კამერის ფსკერზე.

$C_2$ — $C_8$ მჟავების გაყოფისათვის ვიყენებთ აღმავალ ქრომატოგრაფიას. საანალიზო სითხით დაწვეთებულ ქაღალდს ვკიდებთ ქრომატოგრაფიულ კამერაში და ვტოვებთ 18—20 საათით 18—22°C-ის პირობებში. ამ დროის გავლის შემდეგ ქაღალდს ვიღებთ კამერიდან, ფანქრით აღვნიშნავთ გამხსნელის ფრონტს და ვაშრობთ 2 — 3 საათის განმავლობაში გამხსნელის სრულ აორთქლებამდე.

გამშრალი ქრომატოგრაფიული ქაღალდი უნდა შევასხუროთ გამამჟღავნებლით.

გ ა მ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ ვიყენებთ მეთილწითელის 0,1%-იან სპირტხსნარისა და კლარკის ბუფერის** ნაზავს 1:2 შეფარდებით. შესხურების შემდეგ ღია-ყვითელ ფონზე სწრაფად ჩნდება მუქი-ჟოლოსფერი მკვეთრი ლაქები. მაგრამ შესხურებიდან 20 — 30 წუთის გასვლის შემდეგ ფონის ღია ჩალისფერი თანდათან გადადის ჟოლოსფერში და მჟავათა ლაქებიც ერთვის ფონის საერთო ფერს.

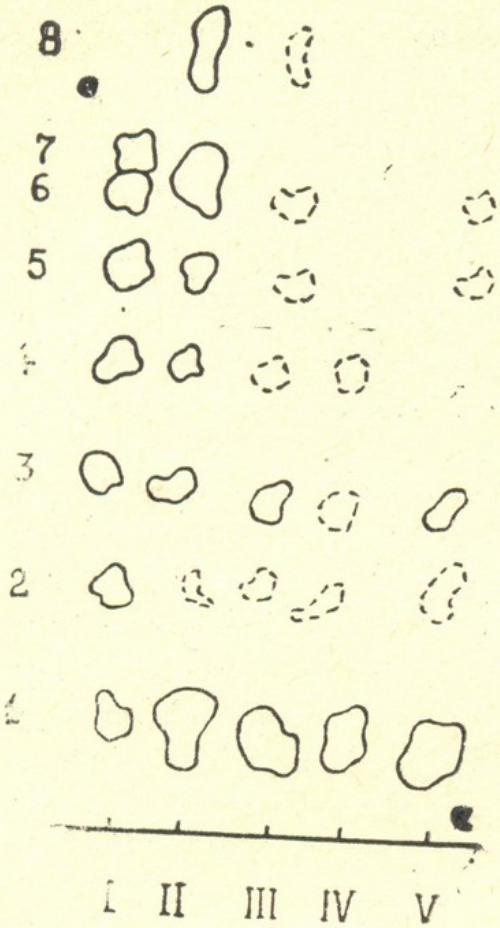
---

* აქროლად მჟავათა გასაყოფად წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ „ნიდერშლაგის" ფირმის № 1 ქრომატოგრაფიული ქაღალდი.

** კლარკის ბუფერის მომზადება: ვიღებთ 0,8 გ NaOH და ვხსნით 100 მლ გამოხდილ წყალში, ვწონით 2,722 გ $KH_2PO_4$-ს და ვხსნით 100 მლ წყალში. პირველი ხსნარის 29, 63 მლ და მეორე ხსნარის 50 მლ-ს შევავსებთ წყლით 200 მლ-მდე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

მე-11 სურათზე ნაჩვენებია ჩვენ მიერ ბგერითი რხევებით დამუშავებული საკონიაკე სპირტის აქროლადი მჟავების ქრომატოგრამა [10].




სურ. 11. ბგერითი რხევებით დამუშავებული ახალგამოხდილი საკონიაკე სპირტის აქროლადი მჟავების ქრომატოგრამა. I — მოწმეები; II — საკონტროლო; III — V — დამუშავებული ნიმუშები.

როგორც მე-11 სურათზე ჩანს, ბგერითი რხევებით დამუშავებულ ახალგამოხდილ საკონიაკე სპირტში აღმოჩნდა 7 მჟავა: ძმარმჟავა, პროპიონმჟავა, ერბომჟავა, ვალერიანმჟავა, კაპრონმჟავა, ენანტმჟავა და ერთი უცნობი ლაქა. ჩვენი აზრით, ეს უნდა ყოფილიყო პელარგონმჟავას ან კაპრინმჟავას შესაბამისი ლაქა, ვინაიდან ისინი, ჩვეულებისამებრ, ერთი ლაქის სახით ჩნდებიან, ე. ი. აქვთ ერთი და იგივე Rf.

იმისათვის, რომ დაგვედგინა რომელ მჟავას შეესაბამებოდა ეს ლაქა, ჩავატარეთ თვისებრივი რეაქცია. კაპრინმჟავამ მოგვცა დადებითი რეაქცია (ლურჯი შეფერვა 2%-იან იოდიდსა და 4%-იან იოდატთან), პელარგონმჟავამ კი უარყოფითი (ნარინჯისფერ-წითელი შეფერვა ნატრიუმის სულფანილატთან და α-ნაფტილამინთან).

## ამინომჟავათა განსაზღვრა ღვინოში

ღვინის შემადგენლობაში შემავალი ამინომჟავები ქაღალდის ქრომატოგრაფიის საშუალებით ჩვენში პირველად დაყოფილ იქნა 1949 წელს ნ. სისაკიანისა და ე. ბეზინგერის [45] მიერ, რომლებმაც გამოიყენეს რ. კონსდენისა და ავტორთა [59] ქაღალდზე განაწილების ქრომატოგრაფიული მეთოდი და კახურ ღვინოში განსაზღვრეს გლუტამინის მჟავა, ალანინი, ვალინი, პროლინი, აგრეთვე, მცირე რაოდენობით ასპარაგინმჟავა, სერინი და ტრეონინი. ავტორებმა გამხსნელად გამოიყენეს წყლით მაძღარი ფენოლი, რომელსაც გამჟღავნების დროს ქრომატოგრაფიული კამერის ატმოსფეროს გასაჟღენთად ემატებოდა 0,1%-იანი $NH_3$. ამინომჟავათა ქრომატოგრაფირებისას ავტორები იყენებდნენ ვატმანის № 2 და № 4 ქაღალდს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

მ ე თ ო დ ი ს  პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება საანალიზო ღვინის იონიტში გატარებას, შემდეგ ადსორბირებული ამინომჟავების გამოწვლილვას, სპეციალურ დამუშავებას და ქრომატოგრაფირებისათვის მომზადებას.

ს ა ჭ ი რ ო  რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი. 1. იონიტი КУ — 1; 2. 10%-იანი მარილმჟავას ხსნარი; 3. ნ — ბუთანოლი; 4. ყინულოვანი ძმარმჟავა; 5. ციტრატფოსფორის ბუფერული ხსნარი (pH=4); 6. აცეტონში გახსნილი ნინჰიდრინის 0,5%-იანი ხსნარი; 7. 40%-იანი ეთანოლი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო  ნ ი მ უ შ ი ს  მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 4 — 5 გრამ გასუფთავებულ იონიტ КУ — 1-ს, ვათავსებთ 50 მლ-იან ბიურეტში, ვასხამთ გამოხდილ წყალს და დილამდე ვტოვებთ. მეორე დღეს ბიურეტის ონკანს გავხსნით და წყალს ჩამოვუშვებთ. შემდეგ ვიღებთ საანალიზო ღვინოს 50 მლ-ის რაოდენობით და ვასხამთ ბიურეტში. ონკანს ვხსნით იმ ვარაუდით, რომ ბიურეტის წვერიდან წუთში 5 — 7 წვეთი ჩამოვარდეს ქვეშ შედგმულ ქიმიურ ჭიქაში.

50 მლ ღვინის გატარების შემდეგ იონიტი უნდა ჩავრეცხოთ 500 მლ წყლით 2 — 3 საათის განმავლობაში იმ სიჩქარით, რომ ბიურეტის წვერიდან წვეთები წყვეტილად ჩამოდიოდეს.

ამის შემდეგ ნარეცხს გადავღვრით და ბიურეტს ფაიფურის ჯამს შევუდგამთ, იონიტზე ადსორბირებულ ამინომჟავებს გამოვწვლილავთ ბიურეტში 200 მლ 10%-იანი მარილმჟავას ხსნარის გატარების გზით. ბიურეტის ონკანი იმდენად უნდა გავაღოთ, რომ 200 მლ მარილმჟავიანი ხსნარის გატარებას 2 — 3 საათი დასჭირდეს. მარილმჟავიანი ხსნარის გატარების შემდეგ იონიტს ჩავრეცხავთ 5 მლ გამოხდილი წყლით, რაც ფაიფურის ჯამზე დაგროვილ მარილმჟავიან ხსნარს ემატება.

მარილმჟავიან ფაიფურის ჯამს ვდგამთ მადუღარი წყლის აბაზანაზე და აშრობამდე ვაორთქლებთ. ჯამში დარჩენილი ნაშთი მორეცხვით, 1 — 2 მლ გამოხდილი წყლით გადაგვაქვს სინჯარაში, რაოდენობას ვზომავთ და ნიმუშს ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დასაწვეთებლად ვამზადებთ.

ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე მიკროპიპეტის საშუალებით დაგვაქვს 0,01 — 0,05 მლ საანალიზო ნიმუში. საყურადღებოა, რომ 20°C-ის პირობებში ამინომჟავათა დაყოფა უკეთესად მიმდინარეობს.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ი. ამინომჟავების ქრომატოგრაფირებისას გამხსნელად ვიყენებთ ნ — ბუთანოლის, ყინულოვანი ძმარმჟავისა და ბუფერული ხსნარის (pH=4) ნაზავს 4 : 1 : 1 შეფარდებით.

ბ უ ფ ე რ უ ლ ი  ხ ს ნ ა რ ი ს  მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. 21,008 გრამ

ლიმონმჟავას ვხსნით 1 ლ წყალში და ამგვარად ვამზადებთ 0,1 M ლიმონმჟავას ხსნარს (1-ლი ხსნარი). 35,65 გრამ $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$-ს ვხსნით 1 ლ წყალში და ვამზადებთ 0,2 M $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$-ის ხსნარს (მე-2 ხსნარი). შემდეგ პირველი ხსნარის ყოველ 12,29 მლ-ს ვუმატებთ მეორე ხსნარის ყოველ 7,71 მლ-ს და ამ გზით ვღებულობთ ციტრატ-ფოსფორის ბუფერულ ხსნარს, რომლის pH 4-ის ტოლია.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. საანალიზო ნიმუშით დაწვეთებულსა და გამშრალ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს, დაღმავალი ქრომატოგრაფიის დროს, ჩავკიდებთ ნავში, რომელშიც მოთავსებულია გამხსნელი და ამ მდგომარეობაში მეორე დღემდე ვტოვებთ. უნდა ვეცადოთ, რომ გამხსნელმა პირველ დღეს გაიაროს მხოლოდ 20 სმ მანძილი. ამის შემდეგ ქაღალდს ამოვიღებთ, გავაშრობთ და კვლავ ამავე გამხსნელში ჩავუშვებთ. ამჯერად სასურველია გამხსნელმა 30 სმ-ზე მეტი მანძილი არ გაიაროს. ქაღალდს კვლავ ამოვიღებთ და გავაშრობთ. მესამედ, გამხსნელში მოთავსების შემდეგ განვლილი მანძილი 40 მმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. (ანალოგიური პროცესი განმეორდება დაღმავალი ქრომატოგრაფიის დროსაც).

გამხსნელით „ფრონტგავლილი“ ქრომატოგრაფიული ქაღალდი უნდა გავაშროთ, რის შემდეგაც შეიძლება გამამჟღავნებელის შესხურება.

გ ა მ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ ვხმარობთ აცეტონში გახსნილ ნინჰიდრინის 0,5%-იან ხსნარს, რომელსაც პულვერიზატორით ვასხურებთ მშრალ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს.

გამამჟღავნებლით შესხურების შემდეგ ქრომატოგრამა უნდა გავაშროთ. ქრომატოგრამის თეთრ ფონზე ჩნდება იასამნისფერი ლაქები. ამის შემდეგ შესაძლებელია ამინომჟავათა იდენტიფიცირება მოწმეებთან შედარების გზით.

ა მ ი ნ ო მ ჟ ა ვ ა თ ა რ ა ო დ ე ნ ო ბ რ ი ვ ა დ გ ა ნ ს ა ზ ღ ვ რ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. ლაქის შეფერვის ინტენსივობის მიხედვით ცალკეული ამინომჟავის რაოდენობრივად განსაზღვრისათვის ლაქები ქრომატოგრამიდან უნდა ამოვჭრათ და დავაქუცმაცოთ მაკრატლით, შემდეგ მოვათავსოთ მცირე მოცულობის მინის ჭურჭელში და გამოწვლილვის მიზნით დავასხათ 2 მლ 40°C-იანი ეთილის სპირტი. 30 წუთის დაყოვნების შემდეგ სპირტხსნარი გადმოვწუროთ და ნარჩენი თითო მლ სპირტით ორჯერ გამოვრეცხოთ და დავუმატოთ ძირითად ელუატს.

მიღებული 4 მლ ელუატი უნდა მოვათავსოთ ფოტოელექტროკოლორიმეტრის კუვეტში. ანალოგიური თანმიმდევრობით უნდა გამოვჭრათ ქრომატოგრამიდან ის ადგილი, სადაც ამინომჟავის ლაქა არ იყო აღმოჩენილი და ისევე დავამუშაოთ სპირტით, როგორც ზემოთ

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გვქონდა აღწერილი. ამგვარად მიღებულ საირტყსნარს ფოტოელექტროკოლორიმეტრის მეორე ჭიქაში მოვათავსებთ, ჩავდგამთ ორივე ჭიქას კოლორიმეტრში და განვსაზღვრავთ, ჩვეულებრივ, ექსტინქციას.

ს ა კ ა ლ ი ბ რ ო მ რ უ დ ი ს ა გ ე ბ ა. ავიღებთ სუფთა ამინომჟავებს (მოწმეებს) და ცალკეულ სინჯარებში ვამზადებთ სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარებს იმ ანგარიშით, რომ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე სასტარტო ხაზის ყოველ მომდევნო წერტილზე თანაბარი სიდიდით მატულობდეს ცალკეული დაწვეთებული ამინომჟავის რაოდენობა, მაგალითად: 2, 4, 6, 8, 10, 12 მგ და ა. შ. დაწვეთების შემდეგ წერტილებს ვაცდით გაშრობას და ვატარებთ ქრომატოგრაფირებას. შემდეგ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს ვამჟღავნებთ ჩვეულებრივი წესით. ვჭრით თითოეული ამინომჟავის ლაქებს, ვწვლილავთ, როგორც ზემოთ გვქონდა აღნიშნული და ვსაზღვრავთ ექსტინქციას ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე. მიღებული მონაცემებით ვადგენთ კონცენტრაციების მრუდს და ვანგარიშობთ ამინომჟავათა რაოდენობას.

საანალიზო ნიმუშის ექსტინქციის სიდიდის მიხედვით მრუდზე უნდა მოვძებნოთ მისი კონცენტრაცია და ლიტრ ღვინოში ამინომჟავათა რაოდენობა ვიანგარიშოთ.

შ ე ნ ი შ ვ ნ ა: ამინომჟავათა ქრომატოგრაფირებისათვის იონიტში გატარებული 50 მლ საანალიზო ღვინო შეიძლება გამოვიყენოთ ქაღალდის ქრომატოგრაფიით ორგანულ მჟავათა განსაზღვრისათვის.

## ამინომჟავების განსაზღვრა ღვინოში [3]

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი: ფილტრაციის საშუალებით საანალიზო ღვინოს ვაშორებთ ზოგიერთ მიკროორგანიზმსა და მაგარ ნაწილებს, აქროლად მჟავებს კი გამოხდით. ნაშთის აორთქლებით ვამცირებთ მის მოცულობას და ქრომატოგრაფირებას ვაწარმოებთ.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. წყლით მაძღარი ფენოლის ხსნარი; 2. კოლიდინისა და $\alpha$ — პიკოლინის ნაზავი (1:1); 3. 0,1 — 0,2%-იანი ნინჰიდრინის ხსნარი; 4. 20%-იანი $H_2SO_4$-ის ხსნარი; 5. ბარიუმის ტუტის წყლით მაძღარი ხსნარი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. საანალიზო ღვინოს ვფილტრავთ აზბესტის პატარა ფილტრში მიკროორგანიზმებისა და მაგარი ნაწილების მოსაცილებლად. მიღებული ფილტრატიდან ვიღებთ 50 მლ ღვინოს და აქროლად მჟავათა მოსაცილებლად წყლის ორთქლით ვხდით.

გამოხდის შემდეგ კულაში დარჩენილ ნაშთს ვანეიტრალებთ, ვათავსებთ ფაიფურის ჯამზე და ვაორთქლებთ ვაკუუმაპარატში 5 მლ-

მდე. ამგვარად შესქელებული ნიმუში მზად არის ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დასაწვეთებლად.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ იხმარება წყლით მაძღარი ფენოლის ხსნარი. ორმხრივი ქრომატოგრაფიის დროს მეორე გამხსნელად გამოყენებულია კოლიდინისა და $\alpha$ — პიკოლინის ნაზავი (1 : 1).

გ ა მ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ უნდა ვიხმაროთ 0,1 — 0,2%-იანი ნინჰიდრინის ხსნარი.

შეკავშირებული ამინომჟავების რკვევისათვის წინასწარ ჰიდროლიზს ვატარებთ 20%-იანი $H_2SO_4$-ით. ჰიდროლიზის შემდეგ ზედმეტ $H_2SO_4$-ს ბარიუმის ტუტის მაძღარი ხსნარით ვლექავთ და ნალექს ფილტრაციით ვაშორებთ. ღვინოში მყოფი მარილების გავლენის ასაცილებლად საკონტროლო ნიმუშებშიც შეგვაქვს იგივე შემადგენლობისა და რაოდენობის მარილები, როგორიც ღვინოშია მოცემული.

## ამინომჟავების, შაქრებისა და ორგანული მჟავების განსაზღვრა [6]

(ს. ავაქიანცის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება КУ-2 კათიონიტზე * ადსორბირებული ღვინის შემადგენელი ა მ ი ნ ო მ ჟ ა ვ ე-

---

* იონიტები დაყოფილია კათიონიტებად, ანიონიტებად და შერეულ იონიტებად. კათიონიტები შეიძლება იყოს ძლიერმჟავე და სუსტმჟავე, ხოლო ანიონიტები — ძლიერფუძე და სუსტფუძე ბუნებისა.

იონმცვლელი ფისები არ წარმოადგენენ ინდივიდუალურ ქიმიურ ნაერთებს, ისინი ტექნიკური პროდუქტებია, ამიტომ შეიცავენ რკინას, ალუმინს, ნიკელს, სპილენძს, ვერცხლისწყალსა და სხვა ლითონთა მინარევებს, ამიტომ მოხმარების წინ აუცილებელია მათი სპეციალური დამუშავება დაბალმოლეკულური ფრაქციებისა და გარეშე კათიონების მოსაცილებლად. ეს ხორციელდება იონიტის წყლით, მჟავებისა და ტუტეების ხსნარებით ხანგრძლივად რეცხვით. ამ მანიპულაციების ჩატარების შემდეგ იონიტი კიდევ უნდა დამუშავდეს.

კათიონები გადაჰყავთ H — ფორმასა ანდა რომელიმე მარილის (ნატრიუმის, ამონიუმის და სხვ.) ფორმაში. იონიტის H — ფორმაში გადასაყვანად მას რეცხავენ მჟავის 5%-იანი ხსნარით, ვიდრე ფილტრატის მჟავიანობის მაჩვენებელი მუდმივი არ იქნება. შემდეგ იონიტი უნდა გაირეცხოს გამოხდილი წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე.

მარილის ფორმის მისაღებად იონიტს რეცხავენ მოცემული კათიონის, მაგალითად, ნატრიუმის, ამონიუმის ქლორიდების ანდა ჰიდრატთა ჟანგების 0,5 n ხსნარებით. შემდეგ იონიტის მარცვლები უნდა გაირეცხოს გამოხდილი წყლით, ზედაპირიდან ჭარბი მარილისა და ფუძეების მოცილების მიზნით.

ანიონიტები გადაჰყავთ OH — ფორმაში (ფუძე ფორმაში), ანდა მარილის — ქლორიდულ, სულფატურ, ფორმიატულ ფორმებში. იონიტის OH — ფორმაში გადასაყვანად მას რეცხავენ 2%-იანი ტუტის ხსნარით ანდა 6%-იანი ჰიდროკარბონატის ხსნარით, ვიდრე ფილტრატის ტუტიანობის მაჩვენებელი მუდმივი არ იქნება. შემდეგ კი ჭარბ ტუტეს წყლით რეცხავენ.

ბის 2 n ამიაკის ხსნარით დესორბციას, ელუატის შესქელებას და ქრომატოგრაფირებას; ანიონიტ ЭДЭ — 10-ზე ადსორბირებული ორგანული მჟავების ნატრიუმის მარილების სახით ელუირებას, КУ — 2-ის სვეტზე მათს თავისუფალ მდგომარეობაში გადაყვანას და ქრომატოგრაფირებას; შაქრების განსაზღვრას ანიონიტისა და კათიონიტის სვეტში თავისუფლად გასული ღვინის ფილტრატის შესქელებით და ექსტრაქტის ქრომატოგრაფირებით.

საჭირო რეაქტივები. 1. ანიონიტი ЭДЭ — 10; 2. 1 n NaOH-ის ხსნარი; 3. ფენოლფტალეინის ხსნარი; 4. კათიონიტი КУ — 2; 5. 4 n HCl-ის ხსნარი; 6. 1 n HCl-ის ხსნარი; 7. 2 n ამიაკის ხსნარი; 8. ნ — ბუთანოლი; 9. ძმარმჟავა; 10. ეთანოლი; 11. შარდოვანას ხსნარი; 12. ანილინფტალატის ხსნარი; 13. ფოსფატური ბუფერით (pH = 12) მაძღარი ფენოლის ხსნარი; 14. აცეტონში გახსნილი ნინჰიდრინი; 15. ჭიანჭველმჟავა.

იონმცვლელი ფისების წინასწარი მომზადება. ანალიზის დაწყებამდე საჭიროა წინასწარ მომზადდეს იონმცვლელი ფისები, რაც გულისხმობს უპირველესად მათ ფრაქციონირებას. უნდა შევარჩიოთ 0,5 — 0,25 მმ ზომის ფრაქცია და მოვათავსოთ იგი იონმცვლელ სვეტებში. ანიონიტ ЭДЭ — 10-ის სვეტში ჩატვირთვა უნდა ვაწარმოოთ 1 n NaOH-ის ხსნარის დახმარებით, ხოლო შემდეგ გამოვრეცხოთ სვეტში გამავალი წყლით უარყოფით რეაქციამდე (ფენოლფტალეინი).

კათიონიტი КУ — 2 ჯერ უნდა ვადუღოთ 3 საათით 1 n NaOH-ის ხსნარში წყლის აბაზანაზე, რათა იგი ნატრიუმის მარილში გადავიყვანოთ, და შემდეგ გამოხდილი წყლით გავრეცხოთ.

შემდეგ ფისით დატვირთულ სვეტში ვატარებთ 4 n HCl-ს მძიმე მეტალების მოსაცილებლად, ვრეცხავთ გამოხდილი წყლით და ვტვირთავთ კათიონიტს 1 n HCl-ის დახმარებით. HCl-ის ხსნარს მანამდე ვამატებთ სვეტში, ვიდრე არ მივაღწევთ სვეტში შემავალი და სვეტიდან გამომავალი ხსნარის თანაბარ ტიტრს. შემდეგ კათიონიტს გავრეცხავთ დისტილირებული წყლით უარყოფით რეაქციამდე (მეთილორანჟი).

ამ გზით მომზადებულ კათიონიტებისა და ანიონიტების სვეტებს შტატივზე იმგვარად ვამაგრებთ, რომ ანიონიტიანი სვეტი ქვემოდან იყოს შეერთებული კათიონიტიან სვეტთან.

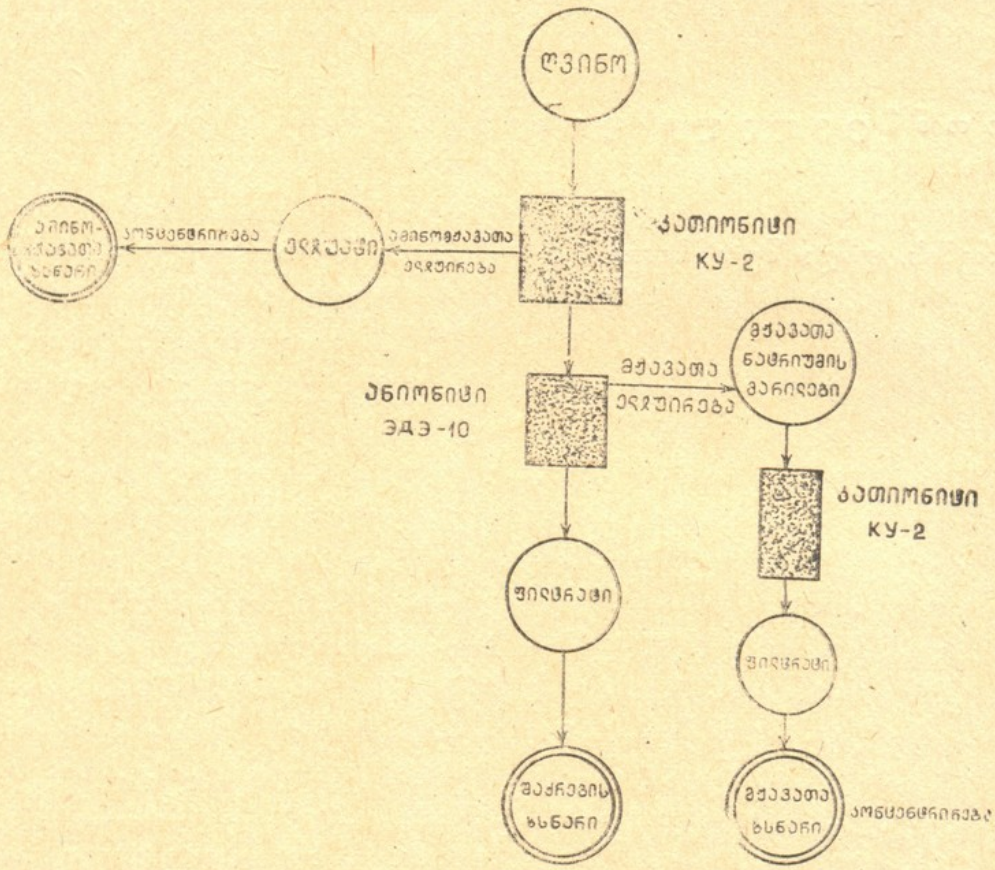
საანალიზო ღვინის მომზადება ქრომატოგრაფირებისათვის. ვიღებთ 10 მლ საკვლევ ღვინოს და ვატარებთ КУ — 2-იან (წყალბადის ფორმიან) სვეტში. კათიონიტში გა-

---

ანიონიტის მარილის ფორმის მისაღებად მას რეცხავენ შესაბამისი მჟავის 2 ან 3%-იანი ხსნარით, მაგალითად, მარილმჟავით, ვიდრე ფილტრატის მჟავიანობა მუდმივი არ გახდება, შემდეგ კი იონიტის მარცვლებს წყლით რეცხავენ.

ულ ფილტრატს პირდაპირ ვატარებთ მეორე, ანიონიტიან (OH⁻-ფორმიან) სვეტში. შემდეგ სვეტებში ვატარებთ 100 მლ გამოხდილ წყალს. ორივე სვეტში გასული ღვინის ფილტრატს, რომელიც ძირითადად შაქრების ხსნარს წარმოადგენს, ვაგროვებთ ცალკე მიმღებ ჭურჭელში. ამ ხსნარს შემდეგში ვაკუუმის ქვეშ ვაორთქლებთ არა უმეტეს 60°C ტემპერატურის პირობებში, მიგვყავს 5—10 მლ მოცულობამდე და ამ გზით მიღებულ სითხეს ვიყენებთ შაქრების ქრომატოგრაფიულად განსაზღვრისათვის.

შემდეგ ვიწყებთ კათიონიტიდან ამინომჟავათა ელუირებას, რისთვისაც სვეტში ვატარებთ 2 n ამიაკის ან 1 n HCl-ის ხსნარებს 100 მლ-ის ოდენობით. მიღებული ელუატი უნდა შევასქელოთ ვაკუუმის




სქემა 1. ღვინიდან ამინომჟავების, შაქრებისა და ორგანული მჟავების ერთდროული გამოყოფა.

ქვეშ წყლის აბაზანაზე 2 მლ-მდე და მიღებული ელუატი გამოვიყენოთ ამინომჟავათა ქრომატოგრაფირებისათვის.

შაქრებისა და ამინომჟავების ელუირების შემდეგ სვეტში დარჩენილი ორგანული მჟავების ელუირებისათვის ანიონიტიან სვეტში ვასხამთ 30 მლ-მდე 1 n NaOH-ის ხსნარს, რომელსაც სვეტიდან გამოაქვს მჟავები ნატრიუმის მარილების სახით. მათი კათიონებისაგან

გაწმენდის მიზნით იგი გადაგვაქვს წყალბადის ფორმიან КУ — 2-ის დამატებით სვეტში, რომელშიც $Na^+$-ის $H^+$-ზე იონური გაცვლის შემდეგ მჟავები გადადიან თავისუფალ მდგომარეობაში. მიღებული ხსნარი უნდა შევასქელოთ 2 — 5 მლ-მდე, რის შემდეგაც იგი მზად იქნება ორგანული მჟავების ქრომატოგრაფირებისათვის.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

შაქრების ქრომატოგრაფირება. შაქრების ქრომატოგრაფიული დაყოფის მიზნით ავაქიანცს ვატმანის № 3 ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დაჰქონდა 50 მიკროლიტრი ნიმუში და „მოწმეთა“ ხსნარი. ქრომატოგრაფიულ ნავში ისხმებოდა გამხსნელი (ნ — ბუთანოლი, ეთანოლი და წყალი შეფარდებით 40 : 11 : 19 ან ნ — ბუთანოლი, ძმარმჟავა და წყალი შეფარდებით 4 : 1 : 5) და შიგ მაგრდებოდა ქრომატოგრაფიული ქაღალდი.

ქრომატოგრაფიულ კამერაში ქაღალდი უნდა გავაჩეროთ 48 — 72 საათით, შემდეგ ამოვიღოთ და გავაშროთ. გამამჟღავნებლად კეტოზებისათვის უნდა ვიხმაროთ შარდოვანას ხსნარი, ხოლო ალდოზების აღმოჩენისათვის — ანილინფტალატი [50].

ამგვარი მეთოდით ს. ავაქიანცის მიერ შამპანურ ღვინოში აღმოჩენილ იქნა: გლუკოზა, ფრუქტოზა, საქაროზა, რაფინოზა, გალაქტოზა, ლაქტოზა, მალტოზა და β — ეთილფრუქტოზიდის შესაბამისი ლაქა.

ამინომჟავების ქრომატოგრაფირება. ამინომჟავების ქრომატოგრაფიული გაყოფისათვის ავაქიანცის მიერ გამოყენებული იყო ვატმანის № 1 და № 3 ქაღალდი. გამხსნელად ვიყენებთ ნ — ბუთილის სპირტის, ძმარმჟავასა და წყლის ნაზავს 4 : 1 : 5 შეფარდებით. ქაღალდზე გამხსნელის ორ-სამჯერადი გატარების შემდეგ ამინომჟავები უკეთ სცილდებიან ერთმანეთს.

ამ სისტემაში კარგად იყოფა პროლინი, ტიროზინი, γ — ამინოერბოს მჟავა, მეთიონინი, ვალინი, ფენილალანინი, ლეიცინი იზოლეიცინთან ერთად.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნელა მოძრავი ამინომჟავები ლიზინიდან ალანინამდე, ცუდად იყოფიან. მათი კარგი გაყოფისათვის სასურველია გამოვიყენოთ გამხსნელად pH 12-ის მქონე ფოსფატური ბუფერით მაძღარი ფენოლი. *

---

* ქრომატოგრაფიული ქაღალდი უნდა გავეღენთოთ pH — 12 მქონე ბუფერული ხსნარით (50 მლ 0,067 M $Na_2HPO_4$ და 50 მლ 0,067 M მწვავე ნატრიუმი) და ქრომატოგრაფირება კი ჩავატაროთ იგივე ბუფერული ხსნარით მაძღარი ფენოლით. ქრომატოგრაფირებისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას 100 მლ წყლიანი ფენოლის, 24 მლ ფოსფატური ბუფერისა და 5 მგ 8 — ოქსიხინოლინის ნაზავი. ფენოლ-ამიაკის სისტემასთან შედარებით, ზემოაღნიშნულ სისტემებში ამინომჟავები უფრო კარგად იყოფიან.

ქრომატოგრაფირება უნდა გაგრძელდეს 36 საათის განმავლობაში 25°C ტემპერატურაზე. ამ გზით კარგად იყოფა ცისტეინი, ალანინისა და გლუტამინის მჟავები, სერინი, გლიცინი, ტრეონინი, ალანინი.

ორგანული მჟავების ქრომატოგრაფირებისას გამხსნელად ვიყენებთ ნ—ბუთანოლის, ჭიანჭველმჟავასა და წყლის ნაზავს 7 : 1 : 2 შეფარდებით. ამ მეთოდით ღვინოში აღმოჩენილ იქნა ღვინომჟავა, ვაშლმჟავა, გლუკონმჟავა, გლიკოლმჟავა და ერთი ლაქა, რომელიც ინდენტიფიცირებული იყო, როგორც ლიმონვაშლმჟავა. ეს უკანასკნელი წარმოიქმნება ვაშლრძემჟავა დუღილის დროს როგორც ლიმონმჟავის დეკარბოქსილირების პროდუქტი.

## ფენოლურ ნაერთთა განსაზღვრა ვაზში, ყურძნის წვენსა და ღვინოში

ყურძნის ფენოლური ნივთიერებები განეკუთვნება კონდენსირებულ ტანიდებსა და კატეხინური ბუნების ნაერთებს, რომლებსაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭებათ ღვინის ტექნოლოგიაში, კერძოდ კი კახური ტიპის ღვინის დაყენების საქმეში.

ვაზისა და ღვინის მთრიმლავმა ნივთიერებებმა ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში მიიქცია ყურადღება. ა. ფამინცინი აღნიშნავდა, რომ ვაზის ახლადგამოსახულ მტევანში დიდი რაოდენობით მოიპოვებოდა მთრიმლავი ნივთიერებები [47].

ყურძნის კანიდან, წიპწიდან და ღვინიდან მთრიმლავ ნივთიერებათა გამოყოფა და განსაზღვრა მე-19 საუკუნის მიწურულიდან იწყება [64, 57, 78], თუმცა მთრიმლავ ნივთიერებათა ქიმიური ბუნება დიდხანს საიდუმლოებით იყო მოცული. მხოლოდ ჩვენი საუკუნის 20-იან წლებში იქნა გახსნილი კატეხინების ქიმიური აღნაგობა და სტერეოიზომერია გერმანელი მეცნიერების კ. ფრეიდენბერგისა და ავტორთა მიერ [60, 61, 62].

ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდით კატეხინების რაოდენობრივი განსაზღვრის პირველი ცდა ეკუთვნის ი. ოშიმასა და ავტორებს [76]. ს. დურმიშიძემ და ნ. ნუცუბიძემ ქაღალდის ქრომატოგრაფიის გამოყენებით პირველად შეისწავლეს ყურძენსა და ღვინოში კატეხინების თვისებრივი და რაოდენობრივი შემადგენლობა [20]. ფენოლურ ნაერთებს სხვადასხვა დროს სწავლობდნენ რ. რიბერო-გაიონი, პ. რიბერო-გაიონი [37, 79, 80, 81, 82], კ. ჰენიგი და. რ. ბურკჰარდტი [65, 66], კ. ჰერმანი [68, 69], მ. ზაპრომეტოვი [25, 26], მ. ბოკუჩავა [11], კ. ჯემუხაძე და გ. შალნევა [17], კ. ჯემუხაძე და გ. ბუზუნი [18], მ. გერმანოვა [14], კ. ლოზა და ვ. ტოლმაჩოვი [29, 30, 31] და სხვ. [56, 83, 8, 84].

### მთრიმლავ ნივთიერებათა განსაზღვრა ვაზში [20]

(ს. დურმიშიძისა და ნ. ნუცუბიძის მიხედვით)

მეთოდის პრინციპი. მეთოდი ემყარება სპეციალურად დამუშავებული ვაზის მწვანე ნაწილების დაფქვილ მასიდან ექსტრაქციის საშუალებით მთრიმლავ ნივთიერებათა გამოყოფასა და მათს ქრომატოგრაფირებას.

საჭირო რეაქტივები. 1. იზობუთანოლი; 2. ყინულოვანი ძმარმჟავა; 3. 1%-იანი რკინაამონიუმის შაბი; 4. 1%-იანი ვანილინის

მარილმჟავიანი ხსნარი; 5. ფენოლის წყლით ნაჯერი ხსნარი: 6. ნ — ბუთანოლი; 7. $FeCl_3$-ის 0,1%-იანი წყალხსნარი ან რკინაამონიუმის შაბის 0,2%-იანი ხსნარი; 8. KCN-ის ხსნარი.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო მ ა ს ა ლ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვაზის მწვანე ნაწილებს (ფესვი, რქა, ფოთოლი, ნაყოფის კანი, წიპწა, ყლორტი და სხვ.) ვჭრით წვრილ ნაწილებად და მყისვე ვუკეთებთ ფიქსაციას კოხის აპარატში 20 — 25 წუთით. შემდეგ ვაშრობთ ჰაერზე და ვახმობთ წყლის საშრობ კარადაში, ვფქვავთ ხელის წისქვილზე და ვცრით 0,5 მმ-იან საცერში. მიღებული მასიდან ვიღებთ 10 გრამს, ვუმატებთ 50 მლ გამოხდილ 80°C-იან ცხელ წყალს და ვდგამთ მადუღარი წყლის აბაზანაში ექსტრაქციისათვის 40 წუთით. ხსნარი დეკანტაციით გადაგვაქვს, ნაშთს ვუმატებთ იმავე რაოდენობის ცხელ წყალს და ვიმეორებთ ექსტრაქციას 40 წუთით.

მიღებულ ხსნარს დეკანტაციით ვუმატებთ პირველ ულუფას, ვათავსებთ ვაკუუმაპარატში და შევასქელებთ 20 მლ-მდე. შესქელებული ექსტრაქტი უნდა გავატაროთ მინის ფილტრში (№ 2), რის შემდეგ ფილტრატი მზად არის ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დასაწვეთებლად.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ ვიყენებთ იზობუთილის სპირტის, ყინულოვანი ძმარმჟავისა და წყლის ნაზავს 4 : 1 : 3 შეფარდებით.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ქ ა ღ ა ლ დ ა დ შეიძლება გამოვიყენოთ ვატმანი № 1, №2, № 4 ან ლენინგრადული ქაღალდი № 4.

გ ა მ ა მ ქ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ უნდა ვიხმაროთ 1%-იანი რკინაამონიუმის შაბისა და 1%-იანი ვანილინის მარილმჟავიანი ხსნარები. პირველ რეაქტივთან კატეხინები იძლევიან მწვანე შეფერვას და გალოკატეხინები ლურჯ შეფერვას. ვანილინით გალოკატეხინები და კატეხინები იღებებიან წითლად, ზოლო კვერცეტინი და კვერცეტრინი ყვითლად.

შ ე ნ ი შ ვ ნ ა: ზოგიერთი ავტორის რჩევით, უფრო მკაფიო დაყოფისათვის უმჯობესია ორმხრივი ქრომატოგრაფია, სადაც პირველ გამხსნელად გამოყენებულია ფენოლის წყალთან ნაჯერი ხსნარი, მეორე გამხსნელად კი ნ — ბუთანოლის (40%), ძმარმჟავის (10%) და წყლის (50%) ნაზავი. მეორე გამხსნელად რეკომენდებულია ნ — ბუთანოლისა (80%) და ძმარმჟავის (20%) ნაზავი. წყლის მდგრადი ფაზის შესარჩევად კი მიმართავენ ქრომატოგრაფიული ქაღალდის წინასწარ დატენიანებას.

გ ა მ ა მ ქ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ უნდა ვიხმაროთ $FeCl_3$-ის 0,1%-იანი წყალხსნარი ან რკინაამონიუმის შაბის 0,2%-იანი ხსნარი. რკინის მარილები კატეხინებთან იძლევიან მწვანე შეფერვას, გალატებთან კი ლურჯს. იმ შემთხვევაში, როცა ორივე კომპონენტი (კატეხინ-გალა-

ტები) ერთ ლაქაშია მოქცეული, რკინის მარილებით ლაქა მუქ ნაცრისფრად იღებება. თუკი ქაღალდზე დარჩენილია ძმარმჟავის ნამცეცი, შეფერვა სუსტი იქნება. ამ დეფექტის გამოსასწორებლად ლაქა დროებით უნდა მოვათავსოთ კონცენტრული ამონიაკის თავღია ჭურჭლის თავზე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გალის მჟავის ძიებისას ქაღალდს პულვერიზატორით უნდა შევაფრქვიოთ KCN-ის ხსნარი (ფრთხილად!). KCN გალის მჟავასთან იძლევა ვარდისფერს და სწრაფადვე უფერულდება. კატეხინ-გალატები იძლევიან მონარინჯისფრო-ვარდისფერს, რომელიც მალე ყავისფერში ან ნარინჯისფერში გადადის. ბრომკრეზოლის შეფრქვევით გალის მჟავას ლაქა მწვანედ იფერება (მჟავე რეაქციის ნიშანი), ხოლო $FeCl_3$-ის შემდგომი შესხურებისას მუქმოლურჯო-ნაცრისფერს ღებულობს (პიროგალოლის ჯგუფისათვის დამახასიათებელი რეაქცია).

„მოწმეებად" უნდა ავიღოთ სუფთა პრეპარატები: l — გალოკატეხინი — Rf=0,43; dl — გალოკატეხინი — Rf=0,52; dl — კატეხინი — Rf=0,61; d — კატეხინი — Rf=0,70; d — ეპიკატეხინი — Rf= =0,80; კვერცეტინი — Rf=0,62; კვერცეტრინი — Rf=0,70; გალისა და დიგალის მჟავები და სხვა კომპონენტები.

„მოწმისათვის" გალის მჟავის პრეპარატი შეიძლება მივიღოთ მუხის ტანინის ხსნარზე Asp. Nigeri-ს გადათესვით, რომელიც შლის პენტადიგალის მჟავას (მუხის ტანინს) და იძლევა გალის მჟავას.

## კატეხინების განსაზღვრა ღვინოში [35]

(ნ. ნუცუბიძის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ღვინიდან კატეხინების ექსტრაქციას ძმარმჟავაეთილეთერის საშუალებით და მიღებული ექსტრაქტის ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. ძმარმჟავაეთილეთერი; 2. ეთილის სპირტი; 3. ნ — ბუთანოლი; 4. ყინულოვანი ძმარმჟავა. 5. რკინის შაბის $[KFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$ 1%-იანი ხსნარი ან ვანილინის მარილმჟავიანი ხსნარი (100 მგ ვანილინი 10 მლ კონცენტრულ მარილმჟავაში).

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 80 მლ ღვინოს ან ყურძნის ტკბილს, ვათავსებთ გამყოფ ძაბრში და ვამატებთ 30 მლ ძმარმჟავაეთილეთერს და ძაბრს იმგვარად ვამოძრავებთ, რომ შიგ მოთავსებული სითხეები ერთმანეთს შეერიოს და არ შეინჯღრეს. ამ პროცესს ხუთ-ექვსჯერ გავიმეორებთ ერთი საათის განმავლობაში. შემდეგ ძაბრს 30 წუთის განმავლობაში გავაჩერებთ წყნარ მდგომა-

რეობაში, ქვედა ფენას ვღვრით, ხოლო ზედას, რომელიც ეთერსა და მთრიმლავ ნივთიერებებს შეიცავს, ვხდით 50°C-ზე ეთერის მოსაცილებლად. ეთერის მოცილების შემდეგ დარჩენილ მასას ვხსნით 3 მლ ეთილის სპირტში, რის შემდეგაც ნიმუში მზად არის ქრომატოგრაფირებისათვის.

მშრალი ღვინო ანდა ისეთი ტკბილი, რომელიც მთრიმლავ ნივთიერებებს მცირე რაოდენობით შეიცავს, უმჯობესია შევასქელოთ ვაკუუმამაორთქლებელში 40 — 50°C-ზე.

კახური ტიპის ღვინო უნდა შესქელდეს 40-დან 10 მლ-მდე, სხვა ტიპის ღვინოები კი 100-დან 10 მლ-მდე.

იმ შემთხვევაში, როცა ღვინო დიდი რაოდენობით შეიცავს მთრიმლავ ნივთიერებებს, შეიძლება არ ჩავატაროთ ნიმუშის შესქელება და პირდაპირ, დაუმუშავებლად დავაწვეთოთ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ქ ა ღ ა ლ დ ა დ შეიძლება გამოვიყენოთ № 4 ქაღალდი, რომელზეც საანალიზო ნიმუშის წვეთები სასტარტო ხაზზე 1,5 — 2 სმ მანძილით ეწვეთება.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ ვიყენებთ ნ — ბუთილის სპირტის, ყინულოვანი ძმარმჟავისა და დისტილირებული წყლის ნაზავს 4 : 1 : 3 შეფარდებით.

გ ა მ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ უნდა გამოვიყენოთ რკინის შაბის 1%-იანი ხსნარი, ანდა ვანილინის მარილმჟავიანი ხსნარი (100 მგ ვანილინი 10 მლ კონცენტრულ მარილმჟავაში).

ქრომატოგრაფირება უმჯობესია ჩატარდეს 15°C-ის პირობებში, ერთმხრივი ქრომატოგრაფიის მეთოდით.

გამხსნელის მიერ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე 30 — 45 სმ მანძილის გავლის შემდეგ ქრომატოგრამა უნდა გავაშროთ ოთახის ტემპერატურაზე და გავამჟღავნოთ რკინის შაბისა ან ვანილინის ხსნარით.

რკინის შაბიან ხსნართან კატეხინები იძლევიან მწვანე შეფერვას, ხოლო გალოკატეხინები — ლურჯ-იისფერს. ვანილინთან კატეხინები და გალოკატეხინები წითლად იფერებიან.

კატეხინების მოწმე ხსნარები უნდა მოვამზადოთ შემდეგნაირად: ვიღებთ კატეხინების ცალკეულ კომპონენტებს 80 მგ-ის ოდენობით და ვხსნით 2 მლ ეთილის სპირტში, ხოლო შემდეგ მიღებულ ხსნარს ვაზავებთ გამოხდილი წყლით 10 მლ-მდე.

ავტორის მიერ № 4 ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დადგენილი იქნა კატეხინების Rf-ის შემდეგი კოეფიციენტები: l — გალოკატეხინისათვის — 0,42; dl — გალოკატეხინისათვის — 0,52; dl — კატეხინისათვის — 0,61, d — კატეხინისათვის — 0,7, ხოლო d — ეპიკატეხინგალატისათვის — 0,8.

ნუცუბიძის მიერ ყურძნის ტკბილში დუღილის დაწყებამდე აღმოჩენილი იქნა ოთხი კომპონენტი: d — კატეხინი, dl — კატეხინი, dl — გალოკატეხინი, l—გალოკატეხინი. მათ შორის ნათლად გამოკვეთილი იყო d — კატეხინი, დანარჩენები კი კვალის სახით გამოჩნდნენ.

კახური ტიპის ახალგაზრდა ღვინო შეიცავდა l — გალოკატეხინს, dl — კატეხინსა და l — კატეხინს. ძველ ღვინოებში კი კატეხინები არ ყოფილა აღმოჩენილი. ეს მოვლენა უნდა აიხსნას იმ გარემოებით, რომ დამწიფება-დაძველების პროცესში კატეხინები განიცდიან ჟანგვით გარდაქმნებს, კონდენსაციას და ნაწილობრივ კი გამოილექებიან. კატეხინების გარდაქმნები უკავშირდება, აგრეთვე, არატანიდური ხასიათის ნაერთთა ქიმიურ ცვლილებებს დაძველების პროცესში.

## კატეხინების განსაზღვრა ვაზსა და ღვინოში [15]

(ნ. გელაშვილის, კ. ჯემუხაძისა და გ. ბუზუნის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. ვაზში კატეხინების განსაზღვრის მოტანილი ქრომატოგრაფიული მეთოდი ემყარება კატეხინების ექსტრაქტების წინასწარ გასუფთავებას პოლიამიდურ სორბენტზე და შემდეგ ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი. 1. 96%-იანი ეთილის სპირტი; 2. ვანილინის მარილმჟავიანი ხსნარი (1 გ ვანილინი იხსნება 100 მლ კონცენტრულ მარილმჟავაში 3. n — ბუთანოლი, 4. ყინულოვანი ძმარმჟავა. 5. 2%-იანი ყინულოვანი ძმარმჟავა.

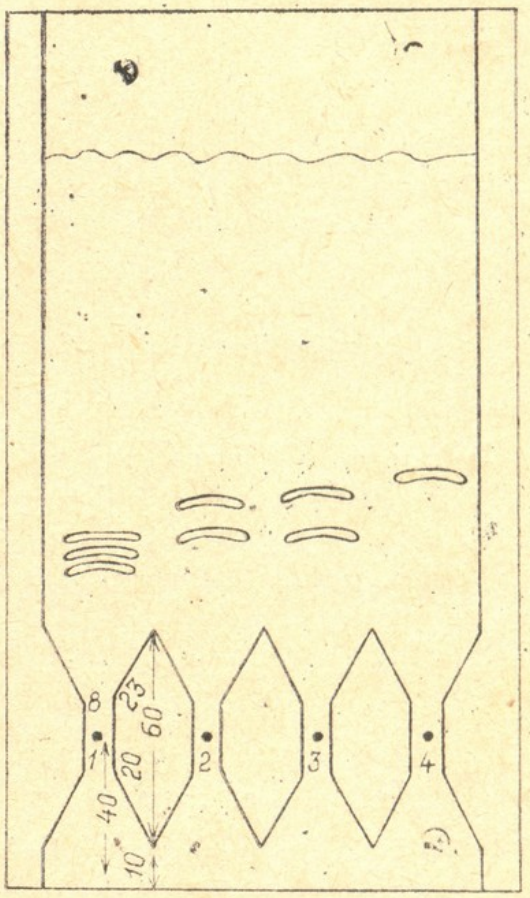
ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 5 — 10 გ ყურძნის ცალკეულ ნაწილებს (კლერტი, წიპწა), და თუ ლიოფილურად გამოშრობილი მასალა გვაქვს, ვაქუცმაცებთ ელექტროწისქვილში. ექსტრაქციის ჩატარების მიზნით მიღებულ მასას ვამატებთ 100 მლ 96%-იან ეთილის სპირტს და ვდგამთ მადუღარი წყლის აბაზანაზე. სასურველია, აორთქლების ტემპერატურა 70°C-ს არ აღემატებოდეს. დარჩენილ ექსტრაქტს ვფილტრავთ და მიღებულ მასას ვაორთქლებთ ვაკუუმამაორთქლებელში 35°C-ის პირობებში 5 მლ-მდე. ნაშთი გადაგვაქვს კაპრონის ფხვნილით (პოლიამიდური სორბენტი) დატვირთულ სვეტში (ზომები: 1,5×15 სმ) და ჩარეცხვის მიზნით ვამატებთ 150 მლ დისტილირებულ წყალს.

კაპრონის ფხვნილიანი სვეტიდან კატეხინების ელუციას ვახდენთ სვეტში 100 — 150 მლ 96%-იანი ეთილის სპირტის გატარებით. სპირტის გატარებას სვეტში ვწყვეტთ მაშინ, როცა სვეტიდან გამომავალი სპირტი ვანილინის მარილმჟავიან ხსნართან რეაქციას აღარ მოგვცემს. მიღებულ ელუატს ვაორთქლებთ ვაკუუმაპარატში 35°C-ზე

2 — 3 მლ-მდე. დარჩენილი ნაშთი (ექსტრაქტი) მზად არის ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დასატანად.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ქ ა ღ ა ლ დ ა დ შეიძლება გამოვიყენოთ „გოსზნაკ — 110“, რომელზედაც წინასწარ მოზომილ წერტილებში ვაწვეთებთ კატეხინების ექსტრაქტს (100 — 120 მკგ კატეხინების შემცველობით თითოეულ წერტილში) და მოწმეებს.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ ვხმარობთ ნ — ბუთილის სპირტის, ყინულოვანი ძმარმჟავისა და წყლის ნაზავს — 40:12,5:29 შეფარდებით. ლაქების უფრო თვალსაჩინოდ დაყოფისათვის უმჯობესია ჩავატაროთ ორმხრივი ქრომატოგრაფია და მეორე გამხსნელად ვიხმაროთ 2%-იანი ყინულოვანი ძმარმჟავა.



სურ. 12.

გ ა მ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ უნდა გამოვიყენოთ ვანილინის 1%-იანი კონცენტრული მარილმჟავიანი ხსნარი.

კატეხინების რ ა ო დ ე ნ ო ბ რ ი ვ ი ანალიზისათვის საანალიზო ნიმუშის ექსტრაქტს ვამზადებთ ისეთივე თანამიმდევრობითა და წესით, როგორც ზემოთ გვქონდა აღწერილი.

ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს წინასწარ ვჭრით მათიასის მიხედვით (სურ. 12) და განსაზღვრულ წერტილზე ვაწვეთებთ საანალიზო ექსტრაქტს ოთხჯერადად იმ ანგარიშით, რომ ერთ წერტილში დაგროვდეს 80—100 მკგ კატეხინები.

წერტილების გაშრობის შემდეგ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს ვათავსებთ გამხსნელში, რომელიც შეიცავს ნ — ბუთილის სპირტს, ყინულოვან ძმარმჟავასა და წყალს. ამ შემთხვევაში ვიყენებთ აღმავალი ქრომატოგრაფიის წესს.

გამხსნელის მიერ ფრონტის გავლის შემდეგ (დაახლოებით 16 — 18 საათი 18 — 20°C-ის პირობებში), ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს კამერიდან ამოვიღებთ და გავაშრობთ. საკონტროლო ქაღალდის ზოლს გავაშუქებთ ბრუმბერგის ჰემისკოპში და შესამჩნევად გამოხატულ

ლაქებს ფანქრით ფრთხილად შემოვხაზავთ, შემდეგ ქაღალდს გავამ-ეღავნებთ 1%-იანი ვანილინის მარილმჟავიანი ხსნარით.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ამის შემდეგ საკვლევი ნიმუშებიანი ქაღალდის ზოლებს გავაშუ-ქებთ ჰემისკოპში, შემოვხაზავთ ფანქრით ფრთხილად, ამოვჭრით შე-მოხაზულ ფართს. ამოჭრილ ქაღალდს ვაქუცმაცებთ და ელუციის მიზნით ვამატებთ 0,5 მლ 96%-იან ეთილის სპირტს. ამ ელუატს ემატება 2,5 მლ ვანილინის რეაქტივი და მიღებული ნაზავის შეფერ-ვის ინტენსივობა ისაზღვრება ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე. სა-კონტროლო სუფთა ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივის მაჩვენებელთა მიხედვით ვაგებთ საკალიბრო მრუდებს და ვანგარიშობთ კატეხინების რაოდენობას საანალიზო ნიმუშებში.

შ ე ნ ი შ ვ ნ ა: ღვინოში კატეხინების განსაზღვრის მიზნით ვიღებთ საანა-ლიზო ნიმუშს 250 — 300 მლ-ის ოდენობით და ვაორთქლებთ სპირტის მოცილების მიზნით, შემდგომში საანალიზო ნიმუშის მომზადებას ქრომატოგრაფირებისათვის ვატარებთ იგივე წესით, როგორც ზემოთ გვქონდა აღწერილი.

## პოლიფენოლების განსაზღვრა ყურძნის წვენში [32]

(ა. მარხისა და ტ. ზიკინას მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ყურძნის წვენი-დან პოლიფენოლების გამოწვლილვას მეთანოლის საშუალებით, შემ-დეგ ეთერიანი და ეთილაცეტატიანი ექსტრაქტების მიღებას, და გამ-ხსნელების აორთქლების შემდეგ მიღებული ნარჩენის ქრომატოგრა-ფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. მეთილის სპირტი; 2. დიეთილ-ეთერი; 3. ბენზოლი; 4. $Na_2CO_3$-ის მაძღარი ხსნარი; 5. ეთილაცეტა-ტი; 6. ნ — ბუთანოლი; 7. ძმარმჟავა; 8. 2%-იანი ძმარმჟავა.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ ყურ-ძნის წვენს გარკვეული რაოდენობით, ვასხამთ მეთანოლს (შეფარდე-ბით 1 : 5) და ვაყოვნებთ სამი დღე-ღამის განმავლობაში. ეს დრო საკ-მარისია ყურძნის წვენიდან ფენოლური ბუნების ნაერთთა გამოწვ-ლილვისათვის.

მეთანოლიან ექსტრაქტს მოვაცილებთ წარმოქმნილ ნალექს და ვა-ორთქლებთ ვაკუუმის ქვეშ 40°C-მდე გამხსნელის სრულ მოცილებამ-დე. მიღებულ წყლიან კონცენტრატს (pH ~ 3,5) 3 — 5-ჯერ ვამუშა-ვებთ დიეთილეთერით, ეთერიან ფრაქციებს ერთად ვაგროვებთ, ხო-ლო ნარჩენს საღებავი ნივთიერებებისაგან განთავისუფლების მიზნით ვამუშავებთ ბენზოლით, pH მიგვყავს 6,5—7,0-მდე $Na_2CO_3$-ის მაძღარი ხსნარით და მასში დარჩენილ პოლიფენოლებს ეთილაცეტატის მეშვე-ობით გამოვწვლილავთ. ეთერიან და ეთილაცეტატიან ექსტრაქტებს

შევაერთებთ, და ვაკუუმის ქვეშ გამხსნელების მოცილების მიზნით გამოვხდით. ამ გზით მიღებული ნარჩენი წარმოადგენს ყურძნის წვენიდან გამოწვლილილი პოლიფენოლების ნაზავს, რომელიც მეთანოლის დამატებით მიგვყავს 1 — 3 მლ-მდე და მეთანოლიანი ექსტრაქტი მზად არის ქრომატოგრაფიული ანალიზის ჩასატარებლად.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ქ ა ღ ა ლ დ ა დ შეიძლება გამოვიყენოთ გერმანული № 11 ჩქარი ქაღალდი („ფიდერშლაგის" ფაბრიკის).

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ ყურძნისა და ყურძნის წვენის პოლიფენოლებისათვის უნდა გამოვიყენოთ ნ — ბუთანოლის, ძმარმჟავისა და წყლის ნაზავი 40:12:28 შეფარდებით [25].

ყურძნის წვენის ლექიდან გამოყოფილი პოლიფენოლების* განსაზღვრისათვის ვიყენებთ ორმხრივი ქრომატოგრაფიის მეთოდს, გამხსნელად უნდა ავიღოთ ორი ხსნარი: 1. ნ — ბუთანოლის, ძმარმჟავისა და წყლის ნაზავი 40 : 12 : 28 შეფარდებით; 2. 2%-იანი ძმარმჟავის ხსნარი.

ქრომატოგრამას, გაშრობის შემდეგ, ვსინჯავთ ულტრაიისფერ არეში და ფლუორესცირებულ ლაქებს შემოვხაზავთ, ინდენტიფიცირებისათვის შევასხურებთ რეაქტივებით, რომლებიც ფერად რეაქციებს იძლევიან ცალკეულ პოლიფენოლებთან **.

მე-3 ცხრილში მოცემულია ინდივიდუალური პოლიფენოლების ქრომატოგრაფიული გაყოფისა და ულტრაიისფერ არეში მათი შესაბამისი ლაქების შეფერვის შედეგები.

ვანილინის რეაქტივთან [50] ფერადი რეაქციის საშუალებით შე-

---

* ყურძნის წვენის ლექიდან პოლიფენოლების გამოყოფა შემდეგი სქემით უნდა ჩავატაროთ: ლექს ვასხამთ წყალს (1 : 10) და ნაზავს 24 საათით ვაჩერებთ 26°C-ის პირობებში ტოლუოლის თანამყოფობისას. ამ დროის გასვლის შემდეგ ნაზავს ვფილტრავთ, ვამჟავებთ pH — 3,0 — 3,5-მდე და მრავალჯერადად ვწვლილავთ დიეთილეთერით. შეგროვებულ ეთერიან ექსტრაქტებს ვაშრობთ $Na_2SO_4$ -ით და ეთერს დაბალ ტემპერატურაზე ვაორთქლებთ. ნარჩენს ვხსნით 1 — 2 მლ 96%-იან ეთილის სპირტში და ვიყენებთ ქრომატოგრაფირებისათვის. ეს ექსტრაქტი შეიცავს თავისუფალ ფენოლურ ნაერთებს (ფრაქცია I).

წყლით ექსტრაქციის შემდეგ დარჩენილ ლექის მასას ვაშრობთ ჰაერზე და მადუღარ წყლიან აბაზანაზე ვატარებთ ჰიდროლიზს 2%-იანი HCl-ით (1 : 20) 60 წუთის განმავლობაში. მიღებული ჰიდროლიზატებიდან ფენოლურ ნაერთებს ვწვლილავთ ეთერით და ვატარებთ იგივე პროცესს, რაც I ფრაქციის მომზადებისას ვქონდა აღწერილი. ამგვარად მიღებული II ფრაქცია შეიცავს შეკავშირებულ ფენოლურ ნაერთებს [9].

ფენოლურ ნაერთთა ლექიდან გამოყოფის ზემოაღწერილ სქემას საფუძვლად დაედო ჰ. ბჲორნერის მიერ აღწერილი მეთოდიკა [53].

** ვანილინის რეაქტივის გარდა (კონცენტრულ HCl-ში გახსნილი ვანილინის 1%-იანი ხსნარი), შეიძლება გამოყენებულ იქნას ქლორ-რკინის ან n — ნიტროზოდიმეთილანილინის ხსნარები, პაულის რეაქტივი [50].

ეროვნული ბიბლიოთეკა

| მოწმეები | გერმანული ქაღალდი F № 11 (ჩქარი) | | მოწმეები | გერმანული ქაღალდი F № 11 (ჩქარი) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | შეფერვა ულტრაიისფერ არეში | Rf გამხსნელი: ბუთ.-ძმარ მჟ.-წყალი 40:12:28 | | შეფერვა ულტრაიისფერ არეში | Rf გამხსნელი: ბუთ.-ძმარ მჟ.-წყალი 40:12:28 |
| გალის მჟავა | იისფერი | 0,66 | ნ-ოქსიბენზალ-დეჰიდი | იისფერი | 0,92 |
| პროტოკატეხის მჟავა | „ | 0,88 | d-ეპიკატეხინი | ყავისფერი | 0,67 |
| ფერულმჟავა | ცისფერი | 0,89 | ეპიგალოკატეხინ-გალატი | მუქი იისფერი | 0,65 |
| ქლოროგენმჟავა | მომწვანო ცისფერი | 0,73 | d-ეპიკატეხინგა-ლატი | „ | 0,81 |
| კოფეინმჟავა | მკვეთრი ცის-ფერი | 0,84 | ჩაის ტანინი: | | |
| კვერცეტინი | მკვეთრი ყვი-თელი | 0,85 | ეპიგალოკატეხინი | მუქი (მოშავო) | 0,42 |
| | | | გალოკატეხინი | „ | 0,47 |
| კუმარინი | იისფერი | 0,95 | d-ეპიკატეხინი | წაბლისფერი | 0,62 |
| ჰესპერიდინი | „ | 0,63 | d-გალოკატეხინ-გალატი | „ | 0,54 |
| რუტინი | ყვითელი | 0,72 | ეპიკატეხინგალატი | „ | 0,76 |

საძლებელია აღმოვაჩინოთ პოლიფენოლების შემადგენლობაში შემავალი dl — კატეხინი, l — ეპიგალოკატეხინი, l — ეპიკატეხინი, l — გალოკატეხინგალატი, l — ეპიკატეხინგალატი, l — ეპიგალოკატეხინ-გალატი.

## ანტოციანების განსაზღვრა ყურძენში [14]

(გ. ვალუიკოსა და ლ. გერმანოვის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს  პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ყურძნის მარცვლის გამხმარი კანიდან ანტოციანების შემჟავებული ეთანოლით ექსტრაგირებას და კონცენტრირებული ექსტრაქტების სამგზის ქრო-

ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით შესწავლილ იქნა [81] საღებავ ნივთიერებათა წარმოშობა და შემადგენლობა ყურძენსა და ღვინოში. წითელი ყურძნის შემადგენლობაში ნაპოვნია 17-მდე პიგმენტი, რომელთა რაოდენობა მერყეობს ყურძნის ჯიშების მიხედვით.

ევროპული ჯიშის ყურძნის (Vitis vinifera) ანტოციანური პიგმენტების შემადგენლობაში შედის მალვიდოლის, პეტუნიდოლის, დელფინიდოლის, ციანიდოლისა და პეონიდოლის მონოგლიუკოზიდები [82]. ანტოციანების საერთო რაოდენობის ერთ მესამედამდე ნაწილი უკავია მალვიდოლის მონოგლიუკოზიდს (ენოზიდი) [81]. ზოგიერთი ავტორის მონაცემებით [2, 1], ევროპული ჯიშის ყურძენი შეიცავს მალვიდოლის (70,6%), დელფინიდოლის (11%), პეტუნიდოლის (11%) და პეონიდოლის (7,4%) მონოგლიუკოზიდებს.

მატოგრაფირებას სხვადასხვა გამხსნელში ანტოციანების სუფთა პრეპარატების მიღების მიზნით.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

საჭირო რეაქტივები: 1. კონცენტრული HCl; 2. 96%-იანი ეთილის სპირტი; 3. ნ — ბუთანოლი; 4. ყინულოვანი ძმარმჟავა; 5. 2%-იანი ძმარმჟავა.

საანალიზო ნიმუშის მომზადება. ახალ და საღ ყურძნის მარცვალს პინცეტის საშუალებით ფრთხილად ვაცლით კანს, გამოხდილი წყლით ვრეცხავთ და ვაშრობთ ჰაერზე. გამშრალი მასიდან ვიღებთ 15 გ-ს, ვასხამთ 100 მლ კონცენტრული HCl-ით შემჟავებულ (pH — 1 — 2) ეთანოლის ხსნარს და ვტოვებთ 5 — 6 საათით. ანტოციანების უფრო სრულად ექსტრაქციისათვის ამ ოპერაციას 3 — 4-ჯერ ვიმეორებთ. ექსტრაქტებს ერთად ვაგროვებთ და ვაორთქლებთ ვაკუუმის ქვეშ 25°C-ზე აზოტის ნაკადში 15 — 20 მლ ექსტრაქტის მიღებამდე. ნიმუში მზად არის ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დასატანად.

ქრომატოგრაფიული ქაღალდის მომზადება. გ. ვალუიკოსა და ლ. გერმანოვას მონაცემებით [14], ანტოციანების ექსტრაქტი უკეთესად იყოფა ინგლისურ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე (Filter paper № 3 და Ecstra TH ICK № 31). შეიძლება გამოყენებულ იქნას აგრეთვე, ლენინგრადის ფაბრიკის „M“ მარკის (85 გ/მ² სიმკვრივის) ქრომატოგრაფიული ქაღალდი.

ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს ვჭრით 28×37 სმ ზომის ნაჭრებად და ვამუშავებთ 1 : 4 კონცენტრაციის HCl-ის ხსნარით 3 — 4 საათის განმავლობაში. ქაღალდებს ვრეცხავთ ჯერ გამოხდილი წყლით, ბოლოს კი ორჯერ გამოხდილი წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე. ამგვარად დამუშავებულ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდებს ვაშრობთ ოთახის ტემპერატურაზე.

გამხსნელად ვიყენებთ ნ — ბუთილის სპირტის, ყინულოვანი ძმარმჟავასა და წყლის ნაზავს 40 : 12 : 29 შეფარდებით [13]. უმჯობესია გამხსნელი მომზადდეს წინასწარ.

ქრომატოგრაფირების რეჟიმი. გამხსნელის მიერ ფრონტის ხაზის გავლის შემდეგ (20 — 25 სმ) ქაღალდს ვაშრობთ და ხელმეორედ ვათავსებთ გამხსნელში. ვიყენებთ აღმავალი ქრომატოგრაფიის მეთოდს. ქრომატოგრაფირების ოპტიმალური ტემპერატურა 15 — 20°C უნდა იყოს.

ქრომატოგრაფირების დამთავრებისა და ქრომატოგრამის გაშრობის შემდეგ მას ვათვალიერებთ ხილულ და ულტრაიისფერ არეში და შემჩნეულ ზონებს აღვნიშნავთ შეფერვის ხარისხის მიხედვით.

მონიშნულ ზონებს ვჭრით ქრომატოგრამიდან, ვაქუცმაცებთ, ვათავსებთ სინჯარაში და ელიუციისათვის ვამატებთ შემჟავებულ ეთა-

ნოლს (pH — 1 — 2). ელდუაცია უნდა ჩავატაროთ სიბნელეში 4 — 5°C-ზე 10 — 12 საათის განმავლობაში. თითოეული ზონის შესაბამისი ელდუატი უნდა ავაორთქლოთ 35°C-ზე ვაკუუმის ქვეშ მცირე მოცულობამდე იმ ანგარიშით, რომ 200 — 300 მლ ელდუატიდან მივიღოთ 3 — 4 მლ ექსტრაქტი.

მიღებული ექსტრაქტიდან ვიღებთ სინჯს, კვლავ დაგვაქვს ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე, ვაშრობთ და ვატარებთ მეორედ ქრომატოგრაფირებას ზემოაღნიშნულ გამხსნელში, შემდეგ ხელახლა ვჭრით ცალკეულ მონიშნულ ზოლებს, ვატარებთ ელდუაციას და კონცენტრირებულ ელდუატებს მესამედ ვუტარებთ ქრომატოგრაფირებას 2%-იან ძმარმჟავიან გამხსნელში. ამჯერადაც ვჭრით ცალკეულ ზონებს და ვატარებთ ელდუაციას ისევე, როგორც ზედა ორ შემთხვევაში გვქონდა აღწერილი. შესქელებულ ელდუატს ვაშრობთ ვაკუუმ-ექსიკატორში ქლორკალციუმის თანამყოფობისას 5 — 6 საათით, შემდეგ კი ვათავსებთ ბნელ ოთახში 4 — 5°C-ზე. ორი-სამი დღე-ღამის შემდეგ გამოილექება ანტოციანების მუქი იისფერი შეფერვის ნემსა კრისტალები.

ზემოაღნიშნული მეთოდით, საფერავის მარცვლის კანში ნაპოვნი იქნა ანტოციანები: დელფინიდოლის, პეტუნიდოლის, მალვიდოლისა და პეონიდოლის მონოგლუკოზიდები.

### სალეგავი ნივთიერებების განსაზღვრა ყურძნის ტკბილსა და ღვინოში [29]

(ვ. ლოზასა და სხვების მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს  პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება პოლიამიდურ სორბენტზე ადსორბირებული ღვინისა და ტკბილის ეთილის სპირტით ელდუაციას, ელდუატის კონცენტრირებას და ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო  რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. პოლიამიდი — 66; 2. 96%-იანი ეთილის სპირტი; 3. ნ — ბუთილის სპირტი; 4. ყინულოვანი ძმარმჟავა; 5. კონცენტრული HCl; 6. მეთილის სპირტი; 7. დიქლორეთანი.

### კაპრონის ფხვნილის მომზადება [28]:

ვიღებთ კაპრონის ქსოვილისა და ბოჭკოების ნარჩენს 1 კგ-ის ოდენობით და 18 — 20°C-ზე ვხსნით 2 ლ HCl-ში 15 წუთის განმავლობაში. მიღებულ ნაზავს ვამატებთ 12 ლ 50°-იან ეთანოლის ხსნარს და თან ვურევთ. შერევიდან 2 — 3 წუთის გასვლის შემდეგ იწყება პოლიამიდის დალექვის პროცესი და თავდება 10 — 15 წუთის შემდეგ. დალექვის სისრულეს განვსაზღვრავთ შემდეგნაირად: ნალექში გამოყოფილ პოლიამიდს ავიღებთ მცირე რაოდენობით და დავუმატებთ წყლის სამმაგ რაოდენობას. ვურევთ მანამდე, ვიდრე ერთგვაროვან სუსპენზიას არ მივიღებთ.

პოლიამიდის სუსპენზიას ვაზავებთ 4 ლ წყლით და ვფილტრავთ, ნალექს ვრეცხავთ 10 — 12 ლ წყლით 3-ჯერ, შემდეგ ვავლებთ 10 — 12 ლ ტუტის ხსნარსა (ნატრიუმის ბიკარბონატში 3-ჯერ სუსტტუტე რეაქციამდე (300 გ 10 ლ წყალზე) და ვრეცხავთ წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე. შემდეგ ნეიტრალურ პოლიამიდის ფხვნილს ვრეცხავთ 2,5 ლ მეთანოლით და ცხიმებისაგან ვათავისუფლებთ 30 ლ დიქლორეთანისა და მეთანოლის ნაზავით (1 : 1). შემდეგ სორბენტს ვაშრობთ ოთახის ტემპერატურაზე და ვცრით საცერში, რომლის 1 მმ²-ზე 16 ხვრეტია. სორბენტის გამოსავალი საწყისი მასალიდან 90%-ს შეადგენს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ საანალიზო ღვინოს 50—150 მლ-ის რაოდენობით და ვაკუუმის ქვეშ 40°C-ზე ვაცილებთ ეთილის სპირტს ნახშირმჟავა გაზის ატმოსფეროში. დარჩენილ მასას ვატარებთ პოლიამიდ — 66-ით დატვირთულ სვეტში (8 — 10 სმ სისქის სიმაღლის სორბენტის ფენა). სვეტად ვიყენებთ 20 მმ დიამეტრი მინის მილს, რომელსაც ბოლოზე ონკანი აქვს დაყენებული. სვეტის ბოლოდან წვეთების ჩამოვარდნის სიხშირე უნდა იყოს 10 წვეთი/წუთში.

პოლიამიდზე ადსორბირებული საღებავი ნივთიერებების ელუციას ვატარებთ სვეტებში 500 — 600 მლ 96%-იანი ეთილის სპირტის გატარებით. სპირტიან ელუატს ვაორთქლებთ ვაკუუმის ქვეშ 30 — 40°C-ზე ნახშირმჟავა გაზის ატმოსფეროში 5 — 10 მლ-მდე. ექსტრაქტი მზად არის ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დასატანად.

ყურძნის წვენის ანალიზის შემთხვევაში სვეტში საანალიზო ნიმუში უნდა გავატაროთ წინასწარი დამუშავების გარეშე.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ ვიყენებთ ნ — ბუთანოლის, ყინულოვანი ძმარმჟავისა და წყლის ნაზავის (4 : 1 : 5 შეფარდებით) ზედა ფენას.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ქ ა ღ ა ლ დ ა დ შეიძლება გამოვიყენოთ გერმანული ჩქარი № 2.

ქრომატოგრაფირების პროცესი გრძელდება 24 — 30 საათის განმავლობაში. ამ დროის გასვლის შემდეგ ქაღალდს ამოვიღებთ კამერიდან და გავაშრობთ 40°C-მდე ტემპერატურის პირობებში. ქრომატოგრამის ფერადი ინდიკატორით გამჟღავნება საჭირო არ არის, ვინაიდან საღებავ ნივთიერებათა შესაბამისი ლაქები კარგად შეფერილია.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს შ ე დ ე გ ე ბ ი. ზემოაღნიშნული მეთოდით ყურძნის ტკბილსა და ღვინოში შეიძლება განისაზღვროს საღებავი ნივთიერებების შემდეგი შემადგენელი კომპონენტები: დელფინიდოლის დაჟანგვის პროდუქტი — მკრთალ-ვარდისფრად შეფერილი ლაქით (Rf=0,03); დელფინიდოლი — 3 — მონოგლუკოზიდი — მკრთალ-ვარდისფრად შეფერილი ლაქით (Rf=0,06); პეტუნიდოლ—3—მონოგლუკოზიდი — იისფერად შეფერილი ლაქით (Rf=

=0,12); მალვიდოლ — 3 — მონოგლუკოზიდი — ვარდისფრად შეფერილი ლაქით (Rf=0,23); პეონიდოლ — 3 — მონოგლუკოზიდი — მოლურჯო ელფერის ვარდისფერი ლაქით (Rf=0,27); აცილირებული დელფინიდოლი — ვარდისფრად შეფერილი ლაქით Rf=0,34); აცილირებული პეტუნიდოლი — ლურჯი ელფერის მკვეთრი ვარდისფერი ლაქით .(Rf=0,57); აცილირებული მალვიდოლი — მკრთალ-ვარდისფრად შეფერილი ლაქით (Rf=0,62).

## ალიფატური და არომატული ალდეჰიდების განსაზღვრა ყურძნის წიპწაში, ღვინოსა და კონიაკის სპირტში

ალიფატური ალდეჰიდების ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდით განსაზღვრა ღვინისა და კონიაკის სპირტის წინასწარი დამუშავების გარეშე შეუძლებელია, ვინაიდან ისინი ადვილად აქროლადებია და ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე მათი დატანისას შეიძლება დიდ დანაკარგებთან გვქონდეს საქმე. ამიტომ საანალიზო პრაქტიკაში მიღებულია ალიფატური ალდეჰიდების 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზონებში გადაყვანა და მათი ჰიდრაზონების სახით ქრომატოგრაფირება [41, 7]. არომატული ალდეჰიდების განსაზღვრა ყურძნის წიპწასა და კონიაკის სპირტში ემყარება, უპირატესად, საანალიზო ნიმუშიდან ალდეჰიდბისულფიტიანი შენაერთების მიღებას, მათგან ალდეჰიდების გამოთავისუფლებასა და ქრომატოგრაფირებას [30, 21], აგრეთვე, კონიაკის სპირტის ნიმუშის შესქელებას ვაკუუმის ქვეშ და ექსტრაქტის ქრომატოგრაფირებას [49, 86].

## ალიფატური ალდეჰიდების განსაზღვრა ღვინოსა და კონიაკის სპირტში [41]

(ა. როდოპულოსა და ი. ეგოროვის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ალიფატური ალდეჰიდების ჰიდრაზონებში გადაყვანას და მათი ჰიდრაზონების სახით ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. დიეთილეთერი; 2. 2 n HCl-ში გახსნილი 2,4—დინიტროფენილჰიდრაზინის 0,2%-იანი ხსნარი; 3. 2 n HCl-ის ხსნარი; 4. დიოქსანი; 5. დიმეთილფორმამიდისა და აცეტონის (1 : 1) ნაზავი; 6. დიმეთილფორმამიდი; 7. დიმეთილფორმამიდით მაძღარი დეკალინი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 250 მლ საანალიზო ღვინოს *, ვათავსებთ გამყოფ ძაბრში და ვამატებთ და-

* კონიაკის სპირტის ანალიზის შემთხვევაში ვიღებთ 50 მლ სპირტს, ვამატებთ 100 მლ HCl-ში გახსნილ 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზინის 0,2%-იან ხსნარს და ვურევთ. რამდენიმე საათის დაყოვნების შემდეგ მიღებული მღვრიე სითხე გადაგვაქვს ფილტრზე. შემდეგი ოპერაციები ისეთივეა, როგორც ზემოთ გვაქვს აღწერილი.

ეთილეთერს თანაბარი რაოდენობით, ენერგიულად ვანჯღრევთ დროდადრო შესვენებით, შემდეგ ვაცდით ფენების გაყოფას და ეთერიან ფენას ცალკე ჭურჭელში ვაგროვებთ. ამ ოპერაციას 4 — 5-ჯერ ვიმეორებთ.

ეთერიან ექსტრაქტს ვამატებთ 2 n HCl-ში გახსნილი 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზინის 0,2%-იან ხსნარს 250 — 300 მლ-ის რაოდენობით და შევარხევთ რეაქციის დასაჩქარებლად. 12 საათის შემდეგ ჰიდრაზონების ხსნარს ვაშორებთ ეთერს. ნარჩენი გადაგვაქვს ფაიფურის ჯამში და ამწოვ კარადაში ვტოვებთ ეთერის სრულ აორთქლებამდე.

რეაქციის გარეშე დარჩენილი 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზინის მოსაცილებლად ფილტრის ქაღალდზე გადატანილ ნალექს ვრეცხავთ 2 n HCl-ის ხსნარით 3-ჯერ 50 — 50 მლ-ის რაოდენობით, ბოლოს გამოხდილი წყლით ჩავრეცხავთ ფილტრს და ნალექს ვაშრობთ მუდმივი წონის მიღებამდე. ფილტრის ქაღალდიდან გადმოგვაქვს კრისტალური მასა და ვხსნით 3 მლ დიოქსანში. ამგვარად მომზადებული ჰიდრაზონების დიოქსანიანი ხსნარი მზად არის ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დასატანად.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე წინასწარ მოზომილ სასტარტო ხაზზე 2,5—3 სმ მანძილით ერთმანეთისაგან დაცილებულ წერტილებზე დაგვაქვს 30 — 50 მიკროლიტრი* საკვლევი ნივთიერების დიოქსანიანი ხსნარი. დატანილი წერტილების გაშრობის შემდეგ დიმეთილფორმამიდისა და აცეტონის (1 : 1) ნაზავს ჩავასხამთ ემალირებულ ფოტოგრაფიულ აბაზანაში და ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს ამოვავლებთ ამ ნავში ისე, რომ ხსნარი საკვლევ ნივთიერებათა წერტილებს არ შეეხოს (ქაღალდის ბოლო მშრალი რჩება). ქაღალდს ამწოვ კარადაში ვაშრობთ ოდნავი სინესტის შენარჩუნებამდე, შემდეგ ჩავკიდებთ ქრომატოგრაფიულ კამერაში და 5 — 6 საათის განმავლობაში ვტოვებთ დიმეთილფორმამიდის ორთქლში. ამ დროის გასვლის შემდეგ ქრომატოგრაფიულ ნავში ვასხამთ გამხსნელს და კამერას ჰერმეტულად ვხურავთ. ქრომატოგრაფირების პროცესი 8 — 10 საათს გრძელდება.

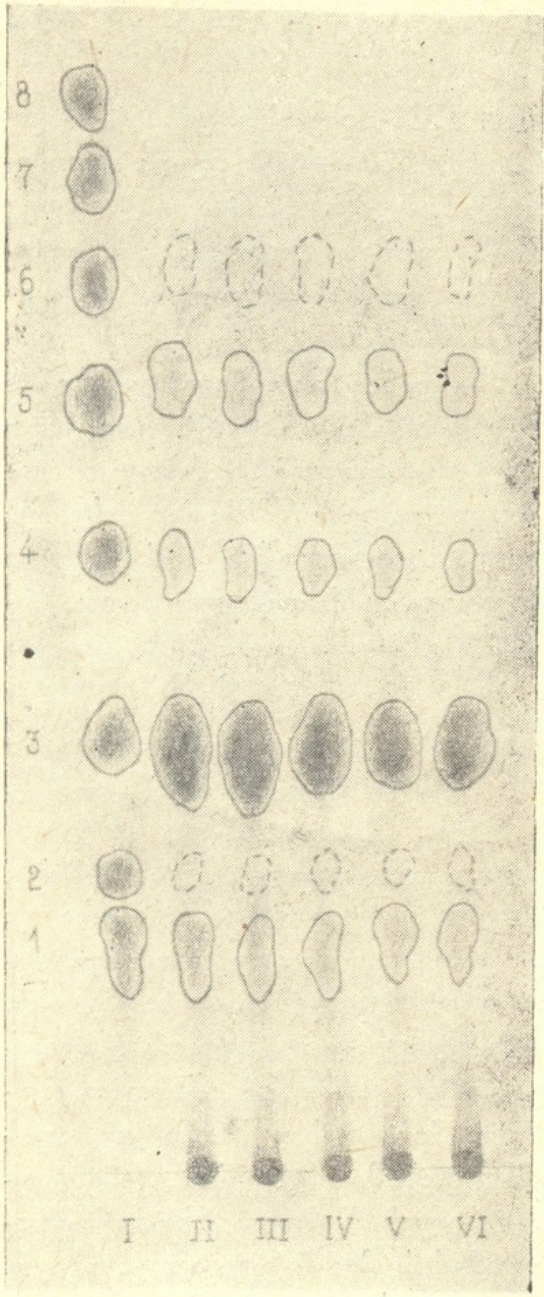
გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ ვიყენებთ დიმეთილფორმამიდით მაძღარ დეკალინს.

ფრონტის გავლის შემდეგ ქაღალდი ამოგვაქვს კამერიდან და ვაშრობთ. თეთრ ფონზე ვღებულობთ ყვითელ-მონარინჯისფრო ლაქებს.

---

* დასაწვეთებელი ნიმუშის რაოდენობა დამოკიდებულია ხსნარში ჰიდრაზონებში გადაყვანილი ალდეჰიდების რაოდენობაზე.

ქრომატოგრაფიულ ქაღალდად ვიყენებთ სხვადასხვა მარკის ქაღალდს. კარგ შედეგებს იძლევა გერმანული ქაღალდი („ნეი დერშლაგის“ ფაბრიკის) ნული № 1 (სურ. 13).




სურ. 13. საკონიაკე სპირტის ალიფატური ალდეჰიდების ქრომატოგრამა: I — მოწმეები; II—III საკონტროლო ნიმუშები; IV—VI დამუშავებული ნიმუშები: 1 — ფურფუროლი; 2 — ფორმალდეჰიდი; 3 — აცეტალდეჰიდი; 4 — პროპიონმჟავაალდეჰიდი; 5 — იზოერბომჟავაალდეჰიდი; 6 — იზოვალერიანმჟავაალდეჰიდი; 7 — ჰექსილალდეჰიდი; 8—ენანტმჟავაალდეჰიდი.

ალიფატური ალდეჰიდების რაოდენობრივი განსაზღვრა. ქრომატოგრამის გაშრობის შემდეგ ლაქებს ვჭრით, წვრილად ვაქუცმაცებთ და ვყრით სინჯარაში. თავდაპირველად ვასხამთ 1 მლ 96%-იან ეთილის სპირტს, 20—25 წუთის შემდეგ კიდევ ვამატებთ 1 მლ-ს.

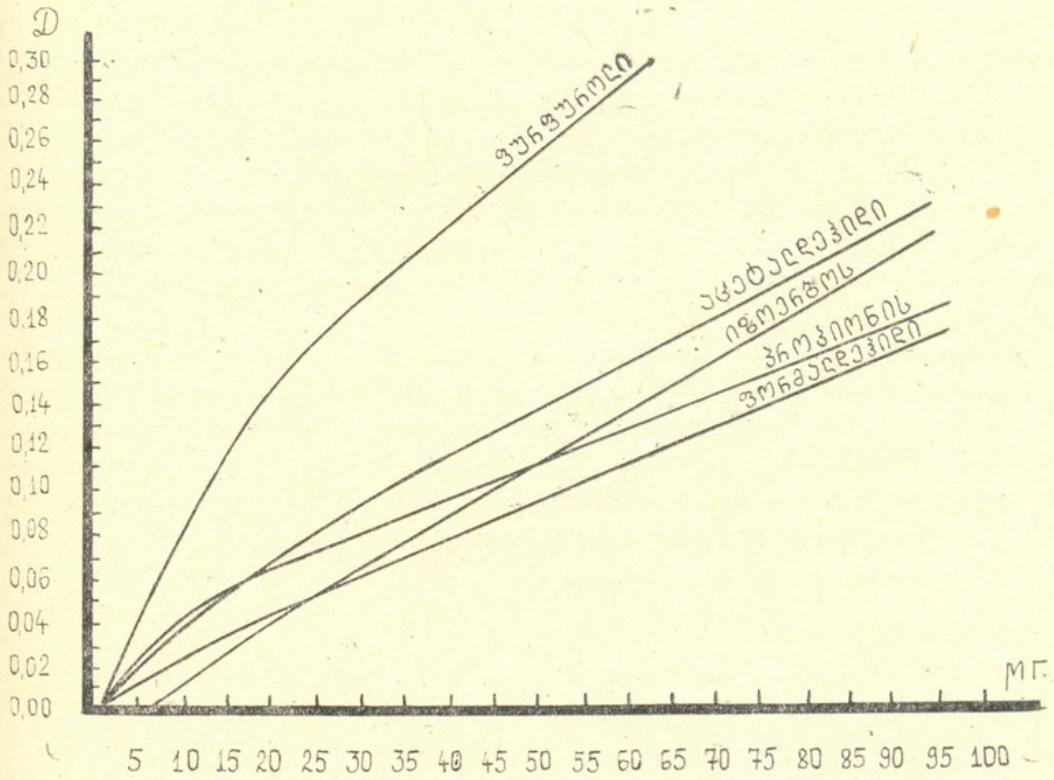
მეორე დილით ელუატს ვასხამთ ფოტოელექტროკოლორიმეტრ ФЭК—М-ის მინის კიუვეტში (3,045 მმ), ვდგამთ კამერაში და იისფერი სხივის (ფილტრი № 3) არეში ვითვლით ოპტიკური სიმკვრივის (D) მაჩვენებლებს, სტანდარტად ვიყენებთ 96%-იან ეთანოლს.

საკალიბრო მრუდის აგება. ვწონით ცალკეულ ჰიდრაზონს გარკვეული რაოდენობით, ვხსნით 1 მლ დიოქსანში, თანმიმდევრობით ვიღებთ იმდენ ნიმუშებს იმდენი რაოდენობით, რომ მათში შესაბამისად იყოს 5, 10, 15, 20, 25 და ა. შ. მგ-ის ოდენობით, ვათავსებთ სინჯარებში და ვხსნით დიოქსანის ერთსა და იგივე რაოდენობაში. შემდეგ ეს ხსნარები ცალკეულად დაგვაქვს ქრომატოგრაფიული ქაღალდის სასტარტო ხაზზე იმ ვარაუდით, რომ აღებული ჰიდრაზონის რაოდენობა მთლიანად იქნას დატანილი ქაღალდზე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

შემდეგ ვატარებთ ქრომატოგრაფირებას ისეთივე თანმიმდევრობით, როგორც ზემოთ გვქონდა აღწერილი.

ქრომატოგრაფირების დამთავრების შემდეგ ქრომატოგრამას ვაშრობთ, ვჭრით ცალკეული კონცენტრაციების შესაბამის ლაქებს, ვატარებთ ელუციას და ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე ვღებულობთ ოპტიკური სიმკვრივის მაჩვენებლებს, ვაგებთ საკალიბრო გრაფიკს [5], რომლის ჰორიზონტალურ ღერძზე განლაგებულია ჰიდრაზონების რაოდენობა მგ-ში, ხოლო ვერტიკალურზე — ოპტიკური სიმკვრივის მაჩვენებლები (სურ. 14). მიღებული მონაცემების საფუძველზე




სურ. 14. ალიფატური ალდეჰიდების საანგარიშებელი საკალიბრო მრუდები.

ვაგებთ ცალკეული ალდეჰიდის ჰიდრაზონის მრუდს, რის საშუალებითაც ვანგარიშობთ ალდეჰიდის რაოდენობას გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტის გამოყენებით.

ა ლ დ ე ჰ ი დ ი ს რ ა ო დ ე ნ ო ბ ი ს გ ა მ ო ა ნ გ ა რ ი შ ე ბ ა. ალდეჰიდის რაოდენობის გამოანგარიშებისათვის მისი მოლეკულური წონა უნდა გავყოთ ამავე ალდეჰიდის ჰიდრაზონის წონაზე და მივი-

ღებთ გადასაანგარიშებელ კოეფიციენტს (K). მაგალითად, ფორმალ-
დეჰიდისათვის:

ეროვნული
ბიბლიოთეკა

$$K_{\text{ფორმ.}} = \frac{\text{ფორმალდეჰიდის მოლეკულ. წონა}}{\text{ფორმალდეჰიდის ჰიდრაზ. მოლეკ. წონა}} = \frac{30}{210} = 0{,}142$$

ამგვარი წესით შეგვიძლია მივიღოთ K-ს მნიშვნელობები ყველა
დანარჩენი ალდეჰიდისათვის: აცეტალდეჰიდისათვის — 0,19; პრო-
პიონალდეჰიდისათვის — 0,243; ერბომჟავაალდეჰიდისათვის — 0,280,
ვალერიანმჟავაალდეჰიდისათვის — 0,32; ჰექსილალდეჰიდისათვის —
0,35; ენანტმჟავაალდეჰიდისათვის — 0,38; კაპრილმჟავაალდეჰიდი-
სათვის — 0,41; ფურფუროლისათვის — 0,31.

შ ე ნ ი შ ვ ნ ა: მიუხედავად იმისა, რომ ზემოაღწერილი მეთოდით ალიფატური ალდეჰიდების განსაზღვრა სასურველ შედეგებს იძლევა და ქრომატოგრამაზე ჰიდრაზონების ლაქების განაწილებაც საკმაოდ დამაკმაყოფილებელია, ზოგიერთ შემთხვევაში საანალიზო ჰიდრაზონიანი ხსნარის ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დაყოფა არ ხერხდება, ვღებულობთ ხოლმე ერთ მთლიან დაუყოფელ, წაგრძელებულ ლაქას. ეს, რასაკვირველია, გამოწვეულია საკვლევ ნიმუშში ძნელადდასაყოფი ემულსიების წარმოქმნით, რაც ხელს უშლის ალიფატური ალდეჰიდების ქრომატოგრაფირებას.

ა. როდოპულოსა და ი. ეგოროვის მიხედვით [41], დიეთილეთერით ექსტრაქციის დროს, ღვინიდან, ალიფატურ ალდეჰიდებთან ერთად, შეიძლება სხვა კარბონილური ნაერთების გამოწვლილვაც, რომლებიც დიოქსანში არ იხსენებიან და რჩებიან სასტარტო ხაზზე. ავტორებმა შეისწავლეს ხერესიდან გამოყოფილი ჰიდრაზონები უცნობ კარბონილურ ნაერთთა დადგენის მიზნით და ქრომატოგრაფიული დაყოფის გზით დაადასტურეს, რომ ეთერით ექსტრაქციის დროს ღვინიდან ალდეჰიდებთან ერთად გადმოდიან კეტომჟავებიც (გვ. 43).

## ალიფატური ალდეჰიდების განსაზღვრის ალმაშისეული მოდიფიცირებული მეთოდი [7]

ა. როდოპულოსა და ი. ეგოროვის მეთოდში აღნიშნული ხარვეზის თავიდან აცილების მიზნით კ. ალმაშის მიერ გამოყენებულ იქნა სპეციალური სვეტი პეტროლეინის ეთერით არომატული ნაერთების ექსტრაქციისათვის (სურ. 15).

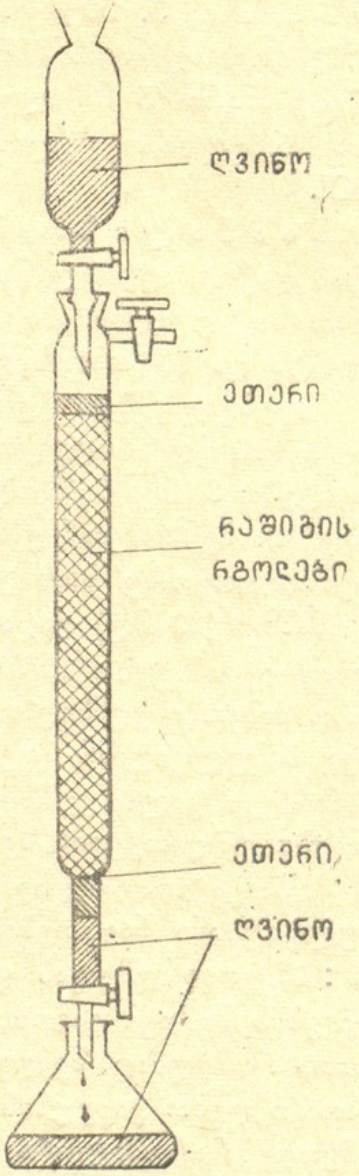
სვეტი იტვირთება რაშიგის რგოლებითა და ეთერით. სვეტში ზემოდან მიწოდებული საანალიზო ღვინო წვეთებად ნაწილდება, გაივლის ეთერიან შრეს და სვეტის ქვედა ნაწილში გროვდება. სვეტის ონკანის ბოლოდან ღვინის ჩამოწვეთების სიჩქარე წუთში 15 — 20 წვეთს არ უნდა აღემატებოდეს. სვეტის ონკანის ზემოთ ღვინის ფენის სიმაღლე 8 — 10 სმ-ია, რაც ხელს უშლის ეთერს მოხვდეს მიმღებ კოლბაში.

იმისათვის, რათა ღვინიდან სრულად გამოვწვლილოთ ალდეჰიდები, სვეტში ექვსჯერ ვატარებთ საანალიზო ღვინოს. ყოველი გატარებისას, სვეტში ეთერის ახალ ულუფას ვასხამთ.

ეთერიან ექსტრაქტებს ვაერთებთ და მასში ალდეჰიდების გამოლექვას 2 n HCl-ში გახსნილი 2,4—დინიტროფენილჰიდრაზინის ხსნარის დამატებით ვახდენთ (ისევე, როგორც ზემოაღწერილ მეთოდში გვქონდა აღნიშნული). ეთერის მოცილებისა და ნალექის გაფილტვრის შემდეგ ვატარებთ მის ცენტრიფუგირებას, რის შემდეგაც ნალექს ვრეცხავთ, ვაშრობთ მუდმივ წონამდე და ვხსნით ეთანოლში.

ამგვარად მიღებული ჰიდრაზონების ეთანოლიანი ხსნარი მზად არის ქრომატოგრაფირებისათვის.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე საანალიზო ნიმუშის დაწვეთებისა და გაშრობის შემდეგ ქაღალდს ვჟღენთავთ აცეტონში გახსნილი დიმეთილფორმამიდის 50%-იანი ხსნარით (ისე, რომ დაწვეთებულ წერტილებს არ შეეხოს) და ვაშრობთ ოდნავი სინესტის შენარჩუნებამდე. შემდეგ ვკიდებთ დიმეთილფორმამიდის ორთქლით გაჟღენთილ ქრომატოგრაფიულ კამერაში და ვტოვებთ 5—6 საათით.



სურ. 15.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ გამოყენებული გვაქვს ციკლოჰექსანი, რომელსაც ვასხამთ ქრომატოგრაფიულ ნავში, როგორც მივუთითეთ, 5—6 საათის შემდეგ. დანარჩენი პროცესები იგივეა, რაც ზემოთ გვქონდა აღწერილი.

## არომატული ალდეჰიდების განსაზღვრა ყურძნის წიპწაში [30]

(ი. ეგოროვისა და ნ. ბორისოვას მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. აღნიშნული მეთოდი ემყარება ყურძნის წიპწიდან არომატული ალდეჰიდების საერთო რაოდენობის გამო-

წვლილვას და შემდგომში მიღებული გამონაწვლილის გაყოფას ქაღალდის ქრომატოგრაფიის საშუალებით.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

საჭირო რეაქტივები: 1. 96%-იანი ეთანოლი; 2. ბენზოლის ხსნარი; 3. 20%-იანი ნატრიუმის ბისულფიტი; 4. განზავებული (1:1) გოგირდმჟავას ხსნარი; 5. წყლიანი ამიაკით მაძღარი ბუთილის სპირტხსნარი (5 ნაწილი ბუთანოლი 3 ნაწილ 2%-იან წყლიან ამიაკთან); 6. ფლოროგლუცინის 5%-იანი სპირტხსნარი; 7. კონცენტრული HCl.

საანალიზო ნიმუშის მომზადება. ვიღებთ 100 გრამ დაქუცმაცებულ წიპწას, შევკრავთ ფილტრის ქაღალდში, ვათავსებთ სოქსელეტის აპარატში, ვამატებთ 500 მლ 96%-იან ეთილის სპირტს და 10 საათის განმავლობაში ვატარებთ ექსტრაქციას.

მიღებულ ექსტრაქტს ვაორთქლებთ ვაკუუმის ქვეშ აზოტის ნაკადში 10 მლ მოცულობამდე. ნარჩენს ვათავსებთ გამყოფ ძაბრში, ვამატებთ 30 მლ ბენზოლს და ვანჯღრევთ (ამ ოპერაციას ათჯერ ვიმეორებთ). ბენზოლიან ექსტრაქტებს ვაგროვებთ და ისევე ვაორთქლებთ, როგორც სპირტიანი ხსნარის შემთხვევაში, 10 მლ-მდე.

ნაშთი (10 მლ) გადაგვაქვს გამყოფ ძაბრში და ალდეჰიდების შესაბოჭად ვამატებთ 10 მლ 20%-იან ნატრიუმის ბისულფიტს. დროდადრო ძაბრს ინტენსიურად ვანჯღრევთ. ორი საათით დაყოვნების შემდეგ ბისულფიტიან ფენას გამოვაცალკევებთ, ხოლო ბენზოლიან ხსნარს კი კვლავ ვამატებთ ბისულფიტის ახალ ულუფას და ვიმეორებთ ექსტრაქციის ზემოაღწერილ პროცესს ოთხჯერ.

შემდეგ ერთად დაგროვებულ ბისულფიტიან ხსნარს ალდეჰიდ-ბისულფიტიანი ნაერთების დაშლის მიზნით ვუმატებთ განზავებულ (1 : 1) გოგირდმჟავას და ვაცხელებთ წყლის აბაზანაზე. ხსნარის გაცივების შემდეგ გამოთავისუფლებულ ალდეჰიდებს ვწვლილავთ ეთერით, რომელსაც შემდეგ ვრეცხავთ მცირე რაოდენობის წყლით და ვაორთქლებთ ვაკუუმის ქვეშ აზოტის ნაკადში 7 მლ-მდე. ამ ნაშთში იმყოფება არომატული ალდეჰიდები.

ქრომატოგრაფიულ ქაღალდად შეიძლება გამოვიყენოთ „ლენინგრადის ნელი“.

გამხსნელად ვიყენებთ წყლიანი ამიაკით მაძღარი ბუთილის სპირტხსნარს (5 ნაწილი ბუთანოლი 3 ნაწილ 2%-იან წყლიან ამიაკთან).

გამამჟღავნებლად ვხმარობთ ფლოროგლუცინის 50%-იან სპირტხსნარისა და კონცენტრული მარილმჟავის ნაზავს.

ქრომატოგრაფირების ტექნიკა. წინასწარ მომზადებულ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე ვაწვეთებთ 0,3—0,4 მლ საანალიზო ნიმუშს. წვეთებს ვაცლით გაშრობას, რის შემდეგაც ქრომა-

ტოგრაფიულ ქაღალდს ვათავსებთ კამერაში იმგვარად, რომ დაწვეთებული ბოლოთი იგი მოთავსებული იყოს გამხსნელიან ნავში (დაღმავალი ქრომატოგრაფია).

18 საათის დაყოვნების შემდეგ, როცა გამხსნელი ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე გაივლის 35 — 40 სმ-ს, ქაღალდს ამოვიღებთ კამერიდან, ჰაერზე გავაშრობთ და გამამჟღავნებელს შევასხურებთ.

შესხურების შემდეგ ეგოროვმა და ბორისოვამ ქრომატოგრამაზე მიიღეს ოთხი ლაქა. პირველი, ვარდისფერი — შეესაბამებოდა პროტოკატეხის ალდეჰიდს, მეორე — ღია-ყვითელი ლაქა — ვანილინს, მესამე ლაქა — იისფერი, ავტორთა აზრით, შეესაბამებოდა კონიფერილალდეჰიდს, მეოთხე ლაქა თავდაპირველად იყო ვარდისფერ-იასამნისფერი, ხოლო როცა ქაღალდი შეშრობას იწყებდა, თანდათან ყვითლად შეიფერა, ეს ლაქა დარიჩინის ალდეჰიდისა იყო.

ა ლ დ ე ჰ ი დ ე ბ ი ს რ ა ო დ ე ნ ო ბ რ ი ვ ი გ ა ნ ს ა ზ ღ ვ რ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. ვამზადებთ ვანილინის 0,2%-იან, იასამნის ალდეჰიდის 0,1%-იან და დარიჩინის ალდეჰიდის 0,05%-იან სპირტხსნარებს (ვხსნით 96%-იან ეთილის სპირტში).

წინასწარ მომზადებულ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე ვაწვეთებთ ზემოაღნიშნული ხსნარების 5, 10, 15, 20 და ა. შ. 70 მკლ-მდე. თითოეულ ნიმუშს ვაწვეთებთ ორ წერტილზე. ქრომატოგრაფირება გრძელდება 48 საათს.

გამხსნელის მიერ ფრონტის გავლისა და ქაღალდის გაშრობის შემდეგ, ორი დაწვეთებული წერტილიდან, ერთ-ერთის შესაბამის ზოლს გავამჟღავნებთ, რასაც შემდეგნაირად ვახორციელებთ: ერთ-ერთი დაწვეთებული წერტილის შესაბამის ზოლს დავაფარებთ მთელ სიგრძეზე ქაღალდს, ხოლო პირველს შევასხურებთ გამამჟღავნებლით. ქრომატოგრამის გაუმჟღავნებელ ნაწილებს ვჭრით, ვაქუცმაცებთ, ვათავსებთ ცალ-ცალკე სინჯარებში და ელუციისათვის ვამატებთ 2 — 2 მლ 96%-იან ეთილის სპირტს.

თითოეულ სინჯარაში ვანილინის განსაზღვრისათვის ვამატებთ 0,5 მლ ფლოროგლუცინის 0,1%-იან სპირტხსნარსა და 5 მლ 35%-იან მარილმჟავის ხსნარს, იასამნის ალდეჰიდის განსაზღვრისათვის — 0,2 მლ ფლოროგლუცინის 5%-იან ხსნარსა და 5 მლ 35%-იან მარილმჟავას, ხოლო დარიჩინის ალდეჰიდის განსაზღვრისათვის — 0,2 მლ 0,1%-იან ფლოროგლუცინის ხსნარს და 5 მლ 35%-იან მარილმჟავას.

10 წუთის შემდეგ ვატარებთ ფოტომეტრირებას, რისთვისაც ვიყენებთ ფოტოელექტროკოლორიმეტრს ლურჯი შუქფილტრით ($\lambda = 450$ нм), კიუვეტის სისქე 10 მმ.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## არომატული ალდეჰიდების განსაზღვრა კონიაკის სპირტში [21]

(ი. ეგოროვისა და ნ. ბორისოვას მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება კონიაკის სპირტიდან ალდეჰიდბისულფიტიანი შენაერთების მიღებას, მათგან ალდეჰიდების გამოთავისუფლებასა და ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. გოგირდის ეთერი; 2. 20%-იანი ნატრიუმის ბისულფიტი; 3. განზავებული გოგირდის (1:1) მჟავა, 4. 2%-იანი წყლიანი ამიაკი; 5. ნ — ბუთანოლი; 6. 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზინის 1%-იანი მარილმჟავიანი ხსნარი; 7. ფლოროგლუცინის 5%-იანი სპირტხსნარი; 8. კონცენტრული HCl.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 300 მლ კონიაკის სპირტს და ვაკუუმის ქვეშ, აზოტის ნაკადში ვხდით 36 — 40°C-ზე. კოლბაში დარჩენილ ნაშთს ვათავსებთ სოქსლეტის აპარატის სპეციალურ ჭიქაში და დიეთილეთერით 8 საათის განმავლობაში ვატარებთ ალდეჰიდების გამოწვლილვას.

მიღებული ეთერიანი ექსტრაქტი უნდა შევასქელოთ მცირე ვაკუუმის ქვეშ ასევე აზოტის ნაკადში 15 — 18 მლ მოცულობამდე და რაოდენობრივად გადავიტანოთ გამყოფ ძაბრში.

გამყოფ ძაბრში ალდეჰიდბისულფიტიანი შენაერთების მისაღებად უნდა დავუმატოთ 10 მლ 20%-იანი ნატრიუმის ბისულფიტი. შემდეგ გამყოფი ძაბრი უნდა შევანჯღრიოთ 5 წუთის განმავლობაში. ფენების მკვეთრად გაყოფის შემდეგ ქვედა ფენას (ბისულფიტურს) ვაგროვებთ კოლბაში, ზედა — ეთერიან ფენას კი კვლავ ბისულფიტით ვამუშავებთ.

კოლბაში დაგროვებულ ალდეჰიდების შემცველ ბისულფიტიან ხსნარს ვამუშავებთ განზავებული (1:1) გოგირდის მჟავით, რათა დავშალოთ ალდეჰიდბისულფიტური შენაერთები. ამის შედეგად გამოთავისუფლებულ ალდეჰიდებს ვწვლილავთ დიეთილეთერის საშუალებით.

ალდეჰიდების ეთერიანი ექსტრაქტები უნდა გავრეცხოთ მცირე რაოდენობის დისტილირებული წყლით და ექსტრაქტი შევასქელოთ 3 მლ-მდე და გადავიტანოთ სინჯარებში ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე დასაწვეთებლად.

მ ო ძ რ ა ვ ფ ა ზ ა დ გამოყენებულ უნდა იქნას 2%-იანი წყლიანი ამიაკით მაძღარი ბუთილის სპირტი 3:5 შეფარდებით.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ქ ა ღ ა ლ დ ა დ რეკომენდებულია გამოვიყენოთ ფაბრიკა „გოსზნაკის“ მიერ გამოშვებული ქაღალდი.

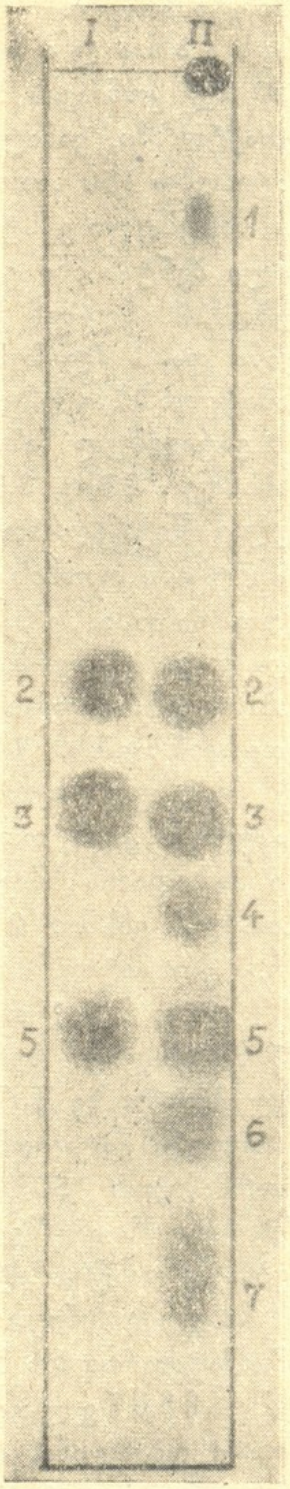
ეროვნული ბიბლიოთეკა

გ ა მ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ უნდა გამოვიყენოთ 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზინის 1%-იანი მარილმჟავიანი ხსნარი. ამ ხსნარითაც ალდეჰიდის შესხურებისას ყველა ალდეჰიდისათვის უნდა მივიღოთ ნარინჯისფერი ლაქები ყვითელ ფონზე.

ალდეჰიდების აღმოჩენა ქრომატოგრამაზე შეიძლება აგრეთვე ფლოროგლუცინის 5%-იანი სპირტხსნარითა და კონცენტრული მარილმჟავით, რომელნიც ალდეჰიდებთან გვაძლევს სხადასხვა შეფერვის ლაქებს.

ზემოაღნიშნული მეთოდით ი. ეგოროვისა და ნ. ბორისოვას [21] მიერ საკონიაკე სპირტში აღმოჩენილი იქნა ვანილინი (3), იასამნის ალდეჰიდი (2), კონიფერილის ალდეჰიდი ბენზალდეჰიდთან ერთად (4) და ოთხი უცნობი ნივთიერების ლაქა (სურ. 16).

ფლოროგლუცინის 5%-იანი სპირტხსნარითა და კონცენტრული მარილმჟავათი შესხურებულ ქრომატოგრამაზე იასამნის ალდეჰიდი ღებულობს ვარდისფერს, ვანილინი— ატმისფერს, კონიფერილისა და პარაოქსიბენზალდეჰიდი კი მოიისფერო-ვარდისფერს და ნარინჯისფერს.




სურ. 16.
არომატული ალდეჰიდების ქრომატოგრამა.

### უმაღლესი ალკოჰოლების განსაზღვრა საკონიაკე სპირტში [24]

(ი. ეგოროვისა და ა. როდოპულოს მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება კონიაკის სპირტებიდან უმაღლესი ალკოჰოლების გამოწვლილვას პენტანის საშუალებით, 3,5 — დინიტრობენზოატის ფორმებში გადაყვანას და ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. პენტანი; 2. პირიდინი; 3. ბენზოლი; 4. 3,5— დინიტრობენზოილქლორიდი; 5. მეტალური ნატრიუმი; 6. დიეთილეთერი; 7. აცეტონში გახსნილი დიმეთილფორმამიდის 50%-იანი ხსნარი; 8. დიმეთილფორმამიდით მაძღარი დეკალინი; 9. კონცენტრულ HCl-ში გახსნილი ორქლორიანი კა-

ლიუმის 0,2%-იანი წყლიანი ხსნარი; 10. კონცენტრულ HCl-ში გახსნილი n — დიმეთილამინობენზალდეჰიდის 0,3%-იანი და 0,1%-იანი სპირტხსნარები.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 200—250 მლ კონიაკის სპირტს, ვათავსებთ უწყვეტი მოქმედების ექსტრაქტორში, ვამატებთ 300—350 მლ პენტანს და გამოწვლილვას ვატარებთ 150 საათის განმავლობაში.

მიღებული ექსტრაქტიდან ვაორთქლებთ პენტანს 33°C-ზე. დარჩენილი პენტანიანი ექსტრაქტი მიგვყავს წყლით 10 მლ-მდე და ვათავსებთ 100 მლ-იან კოლბაში. ვამატებთ 0,1 მლ ახალგამოხდილ პირიდინს და 1 მლ ბენზოლს, რის შემდეგაც ნარევს ვაცივებთ. შემდეგ ვამატებთ 11 გ უწყლო $K_2CO_3$-ს და კოლბას ვანჯღრევთ.

გაცივებულ ნაზავში შემდეგ უნდა დავუმატოთ 2 მლ ბენზოლში გახსნილი 0,5 გ 3,5—დინიტრობენზოილქლორიდი. კოლბა საჭიროა კვლავ შევანჯღრიოთ და 15—20 წუთით დავტოვოთ უძრავ მდგომარეობაში ოთახის ტემპერატურაზე. შემდეგ ნაზავი გადაგვაქვს გამყოფ ძაბრში, ვამატებთ მეტალური ნატრიუმით გაუწყლოებულ 30 მლ დიეთილეთერს, შევარხევთ და 2—3 საათით ვტოვებთ, გამყოფი ძაბრი დროდადრო უნდა შევანჯღრიოთ. გაყოფის შემდეგ ვაცლით ეთერიან ფენას. ამ ოპერაციას 3—4-ჯერ ვიმეორებთ.

მიღებულ ეთერიან ექსტრაქტს ცალკე ვაგროვებთ და ვაორთქლებთ ვაკუუმის ქვეშ ოთახის ტემპერატურაზე. ნარჩენს ვაშრობთ ვაკუუმში პირიდინის სრული მოცილების მიზნით. შემდგომ მიღებულ ბენზოატებს ვხსნით 2—3 მლ ბენზოლში. ბენზოლიანი ექსტრაქტი მზად არის ქრომატოგრაფირებისათვის.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. ვიღებთ 5—25 მიკროლიტრ ბენზოატების ხსნარს და ვაწვეთებთ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე წინასწარ მოზომილ წერტილებში. შემდეგ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს ამოვავლებთ აცეტონში გახსნილი დიმეთილფორმამიდის 50%-იან ხსნარში ისე, რომ ხსნარი დაწვეთებულ წერტილებს არ შეეხოს. ქაღალდს ვაშრობთ მცირე ტენის შენარჩუნებამდე და ქრომატოგრაფიულ კამერაში ვკიდებთ.

საკვლევ ნივთიერებათა დაყოფისათვის ვიყენებთ დაღმავალი ქრომატოგრაფიის მეთოდს.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ უნდა გამოვიყენოთ დიმეთილფორმამიდით მაძღარი დეკალინი, რომელიც ქრომატოგრაფიულ ნავში ისხმება. ქრომატოგრაფიული კამერის ფსკერზე დასხმული უნდა გვქონდეს დიმეთილფორმამიდი, რათა კამერა მისი ორთქლით იყოს გაჟღენთილი.

გამხსნელის მიერ ფრონტის გავლის შემდეგ ქაღალდი უნდა გავაშროთ და შევასხუროთ 3 მლ კონცენტრულ HCl-ში გახსნილ ორქლო-

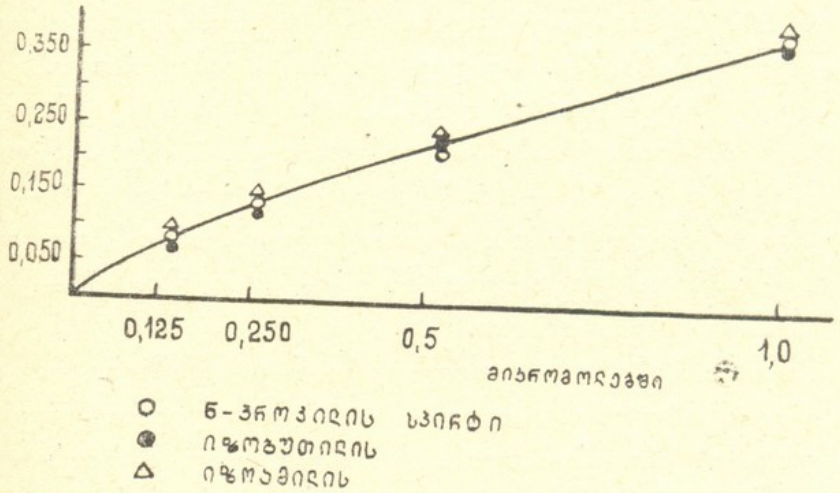
ეროვნული ბიბლიოთეკა

რიანი კალის 0,2%-იანი წყლიანი ხსნარით. ამის შემდეგ ქრომატოგრამას ვაშრობთ 1 საათის განმავლობაში და ვასხურებთ 3 მლ კონცენტრულ HCl-ში გახსნილ n — დიმეთილამინობენზალდეჰიდის 0,3%-იანი სპირტხსნარით.

შესხურების შემდეგ ქრომატოგრამის თეთრ ფონზე უნდა გამოჩნდეს სპირტების ბენზოატების მკვეთრად გამოხატული ყვითელი ლაქები.

უ მ ა ღ ლ ე ს ი ა ლ კ ო ჰ ო ლ ე ბ ი ს რ ა ო დ ე ნ ობ რ ი ვ ი გ ა ნ ს ა ზ ღ ვ რ ა. ქრომატოგრამიდან უნდა ამოვჭრათ ლაქიანი ადგილები, დავჭრათ წვრილად და ჩავუტაროთ ელდუირება თავდაპირველად 1 მლ კონცენტრულ HCl-ში გახსნილი n — დიმეთილამინობენზალდეჰიდის 0,1%-იანი სპირტხსნარის 1 მლ-ით, შემდეგ კი ეთილის სპირტით. ელდუატების კოლორიმეტრირებით ვადგენთ საკვლევ არეში უმაღლესი ალკოჰოლების რაოდენობას, ვიყენებთ № 3 ფილტრს.

მიღებული მონაცემებით ვადგენთ საკალიბრო მრუდს და ვანგარიშობთ უმაღლესი ალკოჰოლების რაოდენობას (სურ. 17).




სურ. 17.

ი. ეგოროვმა და ა. როდოპულომ [24] ზემოაღნიშნული მეთოდით კონიაკის სპირტში აღმოაჩინეს 9 ლაქა, რომელთაგან 6 შეესაბამებოდა მეთილის, ეთილის, ნ—პროპილის, იზობუთილის, იზოამილისა და ჰექსილის ალკოჰოლებს, ხოლო 3 ლაქის იდენტიფიცირება ვერ მოხერხდა.

## უმაღლესი ალკოჰოლების განსაზღვრა კონიაკის სპირტში [33]

(ე. მნჯოიანის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. კონიაკის სპირტში უმაღლესი ალკოჰოლების რაოდენობის განსაზღვრის მეთოდი ემყარება ქრომატო-

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გრაფიულ ქაღალდზე უმაღლესი ალკოჰოლების 3,5 — დინიტრობენზოინის მჟავის ეთერების სახით დაყოფას.

საჭირო რეაქტივები: 1. ქლოროფორმი; 2. პირიდინი; 3. ბენზოლი; 4. $K_2CO_3$; 5. 3,5 — დინიტრობენზოილქლორიდი; 6. დიმეთილფორმამიდისა და აცეტონის 50%-იანი ხსნარი; 7. დეკალინი; 8. კონცენტრულ HCl-ში გახსნილი n — დიმეთილამინობენზალდეჰიდის 0,5%-იანი სპირტხსნარი (ან β — ნაფტილამინის ასეთივე ხსნარი).

საანალიზო ნიმუშის მომზადება. ვიღებთ 250 — 300 მლ კონიაკის სპირტს და ვაორთქლებთ ვაკუუმის ქვეშ. მესამედი ნაწილის აორთქლების შემდეგ დარჩენილი მასა გადაგვაქვს გამყოფ ძაბრში და ვუმატებთ 100 მლ ქლოროფორმს. ხსნარს ვანჯღრევთ 2 — 3 საათის განმავლობაში, ვაცდით გაყოფას და ქლოროფორმიან ფენას ვაცილებთ. ამ მანიპულაციას ვიმეორებთ 2 — 3-ჯერ. ქლოროფორმიან გამონაწვლილებს ერთად ვაგროვებთ, ვათავსებთ ვიურცის კოლბაში და წყლის აბაზანაზე ვაორთქლებთ ქლოროფორმს, ვიდრე კოლბაში არ დარჩება დაახლოებით 10 მლ სითხე. დარჩენილი სითხე გადაგვაქვს 100 მლ-იან ბრტყელძირიან კოლბაში, რომელსაც ვათავსებთ ყინულიან აბაზანაში. შემდეგ კოლბაში ვამატებთ 0,1 მლ პირიდინს, 1 მლ ბენზოლს და 12 გ $K_2CO_3$-ს. კოლბას შევანჯღრევთ, ვამატებთ 0,5 გ 3,5-დინიტრობენზოილქლორიდს, 2 მლ ბენზოლს, კარგად შევანჯღრევთ და 10 — 15 წუთით ვაცხელებთ 60 — 70°C-ზე. კოლბას დავაცდით გაცივებას, პერიოდულად ვანჯღრევთ, ვუმატებთ 30 — 40 მლ უწყლო დიეთილეთერს და ვტოვებთ 2 — 4 საათით, ამასთანავე, ხშირად ვანჯღრევთ.

2 — 4 საათის შემდეგ დიეთილეთერიან გამონაწვლილს გადმოვასხამთ კრისტალიზატორში, ხოლო კოლბაში დიეთილეთერის ახალ ულუფას დავამატებთ. იმისათვის, რათა სრულად მოხდეს უმაღლესი ალკოჰოლების ეთერების გამოწვლილვა, ამ ოპერაციას 2 — 3-ჯერ ვიმეორებთ.

ეთერიან გამონაწვლილებს ვაგროვებთ ერთად, ვაორთქლებთ დიეთილეთერს, ხოლო ნარჩენს ვხსნით ბენზოლში. 3,5 — დინიტრობენზოინმჟავის ეთერების ბენზოლიან ხსნარს ვიყენებთ ქრომატოგრაფირებისათვის.

ქრომატოგრაფირების ტექნიკა. ქრომატოგრაფიული ქაღალდის წინასწარ მოზომილ წერტილებზე ვაწვეთებთ ეთერების ბენზოლური ხსნარისა და 3,5 — დინიტრობენზოინმჟავის უმაღლეს ალკოჰოლთა ეთერების სუფთა პრეპარატების „მოწმეებს“.

დაწვეთებულ ქრომატოგრაფიულ ქაღალდს ვჟღენთავთ დიმეთილფორმიმიდისა და აცეტონის 50%-იანი ხსნარით, ვაშრობთ ქაღალდს

ოდნავი სინესტის შენარჩუნებამდე და ვკიდებთ ქრომატოგრაფიულ კამერაში, რომელიც გაჟღენთილია დიმეთილფორმამიდის ორთქლით. ვიყენებთ დაღმავალი ქრომატოგრაფიის მეთოდს.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ გამოყენებული გვაქვს დეკალინი. გამხსნელის მიერ ფრონტის გავლის შემდეგ ქაღალდს ვაშრობთ და ვამზადებთ შესასხურებლად.

გ ა მ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ ვიყენებთ 5 მლ კონცენტრულ HCl-ში გახსნილ n — დიმეთილამინობენზალდეჰიდის 0,5%-იან სპირტხსნარს ანდა β — ნაფტილამინის ასეთივე ხსნარს. გამჟღავნების შემდეგ ქრომატოგრაფიული ქაღალდის თეთრ ფონზე ვღებულობთ ალკოჰოლთა რთული ეთერების შესაბამის ყვითელ ლაქებს.

ე. მნჯოიანის მიერ [33] სპირტიან სასმელებში ეთერების სახით აღმოჩენილი იყო 5-დან 8 ალკოჰოლამდე — მეთილის, ეთილის, უცნობი, პროპილის, იზობუთილის, იზოამილის, ჰექსილის, ჰეპტილის ალკოჰოლები.

## შაქრების განსაზღვრა ვაზში [3]

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება დაქუცმაცებული, გამომშრალი და გამხმარი ვაზის მწვანე ნაწილებიდან შაქრების კონცენტრული წყალხსნარის მიღებას, მისგან ზედმეტი მარილებისა და პიგმენტების მოცილებას და დარჩენილი ექსტრაქტის ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. ნორმალური მარილმჟავა; 2. ნორმალური ნატრიუმის ტუტე; 3. ფენოლის წყლით ნაჯერი ხსნარი; 4. 1%-იანი რეზორცინის სპირტხსნარისა და 0,2 n HCl-ის ნაზავი (1:1); 5. 0,1 n $AgNO_3$-ისა და 5 n ამონიაკის ხსნარის ნაზავი (1:1).

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ ვაზის მწვანე ნაწილებს, ვაქუცმაცებთ და მყისვე ვაფიქსირებთ კოხის აპარატში 15 — 20 წუთით, შემდეგ ვაშრობთ ჰაერზე და ვახმობთ წყლის საშრობ კარადაში.

გამომშრალ მასალას ვფქვავთ ელექტროწისქვილზე და ვცრით 0,5 მმ-იან საცერში. დაფქვილი მასიდან ვიღებთ 3 — 5 გ-ს, ვათავსებთ ფაიფურის ჯამზე, ვუმატებთ მცირე რაოდენობით ცხელ წყალს და ვსრესავთ. შემდეგ ცხელი წყლითვე გადაგვაქვს 25 მლ-იან საზომ კოლბაში, მიგვყავს 20 მლ-მდე და 30 წუთით ვათავსებთ 60° — 80°C-იან ცხელ აბაზანაში. ამის შემდეგ მიღებულ მასას ვფილტრავთ № 4 მინის ფილტრში და ნაშთს ვრეცხავთ 3 — 4 მლ ცხელი წყლით, ფილტრატსა და ნარეცხს ვაგროვებთ 25 მლ-იან საზომ კოლბაში, ვაცივებთ და გამოხდილი წყლით ვავსებთ ნიშანხაზამდე, კარგად შე-

ვანჯღრევთ და ვიღებთ საანალიზო ნიმუშს 10 მლ-ის რაოდენობით, ვათავსებთ ფაიფურის ჯამზე, ვდგამთ 60°C-იან აბაზანაზე და ორთქლის აშრობამდე ვაორთქლებთ, ნაშთს ვხსნით 1 მლ ცხელ წყალში და ამგვარი კონცენტრაციის ხსნარის 0,01 მლ დაგვაქვს ქაღალდზე ქრომატოგრაფირებისათვის.

„მოწმეებად" ვიღებთ ფრუქტოზის, გლიუკოზისა და საქაროზის 1 — 5%-იან ხსნარს და 0,01 მლ-ის რაოდენობით დაგვაქვს ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე საკვლევი ნიმუშის გვერდით.

**შენიშვნა:** ვინაიდან ვაზის მწვანე ნაწილებში არსებულმა ზედმეტმა მარილებმა და პიგმენტებმა შეიძლება ხელი შეუშალონ შაქრების ნათლად დაყოფას, ამიტომ ისინი წინასწარ უნდა მოვაშოროთ საანალიზო ნიმუშს (ძმარმჟავა ტყვიის ტუტე ხსნარი).

ნ ი მ უ შ ი ს წ ი ნ ა ს წ ა რ ი დ ა მ უ შ ა ვ ე ბ ა. ვიღებთ ქარხნული წესით დამზადებულ ფისს (СБС), ვაქუცმაცებთ და ვცრით 0,25 მლ-იან საცერში. განაცერს ვყოფთ 2 ულუფად, ერთ ულუფას ვამუშავებთ ნორმალური მარილმჟავით, ვფილტრავთ და ვრეცხავთ გამოხდილი წყლით ნარეცხის უკანასკნელი ულუფის ქლორზე რეაქციის დაკარგვამდე.

დაქუცმაცებული ფისის მეორე ნაწილს ვამუშავებთ ნორმალური ნატრიუმის ტუტით და ვრეცხავთ ისე, როგორც პირველ შემთხვევაში, სანამ ნარეცხის უკანასკნელი ულუფა ნეიტრალურ რეაქციას არ გვიჩვენებს. ფისის ორივე ულუფას ცალ-ცალკე ვაშრობთ ოთახის ტემპერატურაზე და ვათავსებთ მილესილსაცობიან ქილებში.

ქრომატოგრაფირების წინ 24 საათით ადრე ვიღებთ 1 გ HCl-ით და 2 გ NaOH-ით დამუშავებულ ფისების ნიმუშებს თითოეული განსაზღვრისათვის. ამ ორ ულუფას შევურევთ ერთმანეთს, ვასხამთ გამოხდილ წყალს და ვტოვებთ მეორე დღემდე გასაფუებლად. მეორე დღეს გაფუებული მასა გადაგვაქვს მინის მილში, რომლის დიამეტრი 0,5 სმ, ხოლო სიგრძე 20 სმ-ია. მილის ქვედა ბოლო შევიწროებულია და ბამბის ტამპონით არის დაცული, გაფუებული მასა გადაგვაქვს მილში და ზევიდან ოდნავ ვტკეპნით.

ამის შემდეგ მილში ვატარებთ 10 მლ საანალიზო ნიმუშს, ჩავრეცხავთ მცირეოდენი გამოხდილი წყლით, ფილტრატს და ნარეცხს ერთად ვაგროვებთ და ვაორთქლებთ 60 — 80°C-იან წყლის აბაზანაზე. ნაშთს ვხსნით 1 მლ წყალში და მიღებული ხსნარის 0,01 მლ დაგვაქვს ქაღალდზე ქრომატოგრაფიისათვის.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ქ ა ღ ა ლ დ ს სიგრძეზე ვყოფთ თანაბარ ნაწილად. თითოეულის ნახევარში ცალ-ცალკე შეგვაქვს 0,1

მლ ფრუქტოზის, გლუკოზის, საქაროზის 1 — 5%-იანი ხსნარი და გვერდზე კი ვაწვეთებთ საკვლევ ხსნარს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ ვხმარობთ ფენოლის წყალნაჯერ ხსნარს. როცა გამხსნელი ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე 45 სმ მანძილს დაფარავს, ქაღალდს კამერიდან ამოვიღებთ და გავაშრობთ თერმოსტატში 100—105°C-ზე ფენოლის ნიშნების გაქრობამდე.

გ ა მ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ ვხმარობთ: 1. 1%-იანი რეზორცინის სპირტიანი ხსნარი და 0,2 n HCl შეფარდებით 1 : 1; 2. 0,1 n $AgNO_3$ და 5 n ამონიაკის ხსნარი — შეფარდებით 1:1. რეზორცინის ხსნარი ამჟღავნებს გლუკოზას და საქაროზას, $AgNO_3$-ისა კი — მარტოოდენ გლუკოზას.

გ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. ორივე ქრომატოგრამას გამხსნელის მოცილების შემდეგ ვამაგრებთ მინის ან ხის ჩარჩოზე და პულვერიზატორით ვასხურებთ ერთს რეზორცინის ხსნარს, ხოლო მეორეს კი $AgNO_3$-ის ხსნარს.

შესხურებულ ქაღალდს ვაშრობთ კარადაში 5 წუთით. რეზორცინიანს 80 — 90°C-ზე, ხოლო $AgNO_3$-ანს — 150°C-ზე.

პირველ ქრომატოგრამაზე მკრთალ ვარდისფერ ფონზე უნდა წარმოიშვას ნარინჯისფერ-ვარდისფერი ლაქები (ჯერ ფრუქტოზისა და შემდეგ გლუკოზა-საქაროზისა), ხოლო მეორე ქრომატოგრამაზე კი ღია ყავისფერ ფონზე უნდა წარმოიქმნას მუქი ყავისფერი ლაქები (გლუკოზის).

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ლიტერატურა:


1. დურმიშიძე ს. ვ., ნუცუბიძე ნ. ნ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 1958, ტ. XXI, № 6, 677.
2. დურმიშიძე ს. ს., სოფრომაძე ა. ნ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 1963, ტ. XXX, № 2, 163.
3. ლაშხი ა. დ. ყურძნის პროდუქტთა ანალიზი, 1955.
4. ლაშხი ა. დ., ენოქიმია, 1970, 412.
5. ღლონტი თ. ა., საკანდიდატო სადისერტაციო ნაშრომი, 1972, 87 — 99.
6. Авакянц С. П., Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1965, № 11, 32.
7. Алмаши К. К., Виноделие и виноградарство СССР, 1965, № 3, 7.
8. Аскендеров А. К., Толмачёв В. А., Изв. высш. уч. завед. Пищевая технология, 1973, 3, 178—180
9. Бардинская М.С., Шуберт Т. А., Биохимия, 1962, т.27, вып 1, 58.
10. Беридзе Г. И., Глонти Т. А., Дидебулидзе К. А., Виноделие и виноградарство СССР, 1968, № 2, 5.
11. Бокучава М. А., Биохимия чая и чайного производства, 1958.
12. Брумберг Е. М., ДАН СССР, 1950, 72, 885.
13. Бузун Г. А., Биохимия чайного производства, 1962, 9, 189.
14. Валуйко Г. Г., Германова Л. М., Прикладная биохимия и микробиология, 1969, т. I, Вып. 4.
15. Гелашвили Н. Н., Джемухадзе К. М., Бузун Г. А,, Виноделие виноградарство СССР, 1970, №1, 21.
16. Герасимов М. А., Смирнова А. П., Виноделие и виноградарство СССР, 1964, №2, 14.
17. Джемухадзе К. М., Шальнева Г. А., Биохимия, 1955, 20, 336.
18. Джемухадзе К. М., Шальнева Г. А., ДАН СССР, 1954, т. 99, № 6, 1069.
19. Дурмишидзе С. В., Дубильные вещества и антоцианы виноградной лозы и вина, 1955.
20. Дурмишидзе С. В., Нуцубидзе Н. Н., ДАН СССР, 1954, т. 96 №6.
21. Егоров И. А., Борисова Н. Б., Биохимия виноделия, 1957, Сб. 5.
22. Егоров И. А. Борисова Н. Б., Биохимия виноделия, 1957, Сб. 5, 253—258.
23. Егоров И. А., Борисова Н. Б., Виноделие и виноградарство СССР, 1955, №1, 36.
24. Егоров И. А., Родопуло А. К., Виноделие и виноградарство СССР, 1962, №8, 7.
25. Запромётов М. Н., Биохимия катехинов, 1964.
26. Запромётов М. Н., Физиология растений, 1958, 5, Вып. 3, 296.
27. Кананадзе Т. А., Виноделие и виноградарство СССР, 1963, № 4, 8.
28. Литвиненко В. И., Максютина Н. Н., Колесников Д. Г., Медицинская промышленность СССР, 1962, № 3, 40.
29. Лоза В. М., Толмачёв В. А., Монастырский В. Ф., Соболев Э. М., Изв. высш. уч. зав., Пищевая технология, 1971, № 6, 161.
30. Лоза В. М., Толмачёв В. А., Изв. высш.уч. зав., Пищевая технология, 1971 №4, 29.

31. Лоза В. М. Толмачёв В. А., Изв. высш. уч. зав., Пищевая технология 1971, №3, 172.
32. Марх А. Т., Зыкина Т. Ф., Прикладная биохимия и микробиология 1969, т. 5, Вып. 2.
33. Мнджоян Е. Л., Виноделие и виноградарство СССР, 1965, № 5.
34. Нуцубидзе Н. Н., Автореферат кандидатской диссертации, 1956.
35. Нуцубидзе Н. Н., Виноделие и виноградарство СССР, 1958, № 7, 11.
36. Основы жидкостной хроматографии, 1973, Перев. с англ., Под редак. А. Жуховицкого.
37. Риберо-Гайон П., Прикладная биохимия и микробиология, 1965, Вып.5, т. 1, 518.
38. Родопуло А. К., Автореферат докторской диссертации, 1959.
39. Родопуло А. К., Егоров И. А., Виноделие и виноградарство СССР, 1963, №4, 4.
40. Родопуло А. К., Биохимия, 1953, 18, Вып. 5.
41. Родопуло А. К., Егоров И. А., Виноделие и виноградарство СССР, 1965, №1, 6.
42. Родопуло А. К., Виноделие и виноградарство СССР, 1956, № 8, 9.
43. Родопуло А. К., Виноделие и виноградарство СССР, 1952, №8, 8.
44. Сапонджян С. О., Геворкян Х. С., Виноделие и виноградарство СССР, 1956, №8, 10—15.
45. Сисакян Н. М., Безингер Э. Н., ДАН СССР, 1949, 69, №4.
46 Солдатенков С. В., Мазурова Т. А., Физиология растений, вып. 1, 112—117.
47. Фаминцын А. С., Опыт химико-физиологического исследования над созреванием винограда, СПб, 1861.
48. Школьник Р. Я., ДАН СССР, 1953, т. 90, № 5, 847.
49. Хачидзе В. С., Виноделие и виноградарство СССР 1961, №1, 11.
50. Хроматография на бумаге, Под редакцией И. М. Хайса и К. Мацека, 1962.
51. Block R., Science, 1948, 108, 608.
52. Böhringer P., Wenzler J., Z. Lebensmittel Unters. und Forschung, 1955, 100, 6, 458–462,
53. Börner H., Naturwissenschaften, 1955, 42, 583, Beitr. Biolog. Pflanzen, 1956, 33, 33.
54. Brown F., Holl L. P., Nature, 1950, 166, 66.
55. Büll H., Hahn J., Baptist V., J. Amer. Chem. Soc., 1948, 71, 550.
56. Burzeix M., Ann. Techn. Agric., 1968, v. 16, n. 4, p. 349.
57. Cautier A., Bull. chem., 1877, 27, p. 496.
58. Cavallini D., Frontali N., Toschi G., Nature, 1949 a, 163, 4145. 568.
59. Consden R., Cordon A. M., Martin A. J. P., Biochem. J, 1944, 38, 224,
60. Freudenberg K., Die Chemie der naturichen Gerbstoffe, Berlin, 1920.
61. Freudenberg K., Bohme o., Purrmann L., Ber. Dtsch. chem. Ces. 1922, 55, 1734.
62. Freudenberg K., Purrmann L., Liebigs Ann., 1924, 437, 274.
63. Fink K., Fink R. M., Proc. Soc. Expt. Biol. and Med., 1949, 70, 4, 654 –656.
64. Heise R., Arbeiten aus dem Saiserl. Gesundheitsamte, 1899, Bd. 5, s. 618.
65. Hennig K., Burkhardt R., Weinberg und Keller, 1958, 10 und 11.
66. Hennig K., Burkhardt R., Weinberg und Keller, 1960, 7,1.
67. Herrmann K., Fruchtsaft Industrie, 1960, 5, 87.
68. Herrmann K., Weinberg und Keller, 1963a, 10, №4.

69. Herrmann K., Weinberg und Keller, 1963b, 10, №5.
70. James A. T., Martin A. J. P., Analyst., 1952, 77, 915.
71. Ladd J. N., Nossal P. M., Austral. J. Exptl. Biolog. and Med. Sci., 1954, 32, 4, 522–531.
72. Lugg J. W. H., Overell B. T., Austral. J. Scient. Ras.,., 1948, A. 98
73. Lugg J.W.H., Overell B.T., Nature, 1947, 160, 4055, 87—88.
74. Martin A.J.P., Synge R.L.M., Biochem. J., 1941, 35, 91, 1358.
75, Mohler K., Mayrhofer O., Pires R,, Looser S., Z. Lebensmitt. Unters. und Forsch. 1967, 134, N1, 19—20.
76. Osima Y., Nakabayashi T.,Nishida S., I. Agric, Chem. Soc. Iarpan, 1952, 26, 367.
77. Overell B.T., Austr. J. Sci., 1952, 15, 28—29.
78. Petri W., Untersuchungen über Gebstoff und Farbstoff des Weinstockes und deren Gerungsproduckte (Rotwein), München, 1903.
79. Ribereau—Gayon P., Vignes et vins, 1965, 192.
80. Ribereau–Gayon P., Ann.Physiol. veget., 1964, 6, 4.
81. Ribereau–Gayon P., Recherches sur les entocyannes des vegeteaux, Applications au genre Vitis, 1959, Paris.
82. Ribereau–Gayon J., Ribereau–Gayon P., J. Amer. Enol. and Vitic., 1958, 9, 1.
83. Rossi Joseph A., Sigleton Verner, Amer. J. Enol. and Vitic. 1966, v. 12, №4, p. 1.
84. Swein T., Pergamon Press, 1962.
85. Tswet M. S., Berichte deutsch. bot. GEs., 1906, 24, 316, 384.
86. Личев В. Димов С. Лозарство и винарство, 1973, № 1, 30.

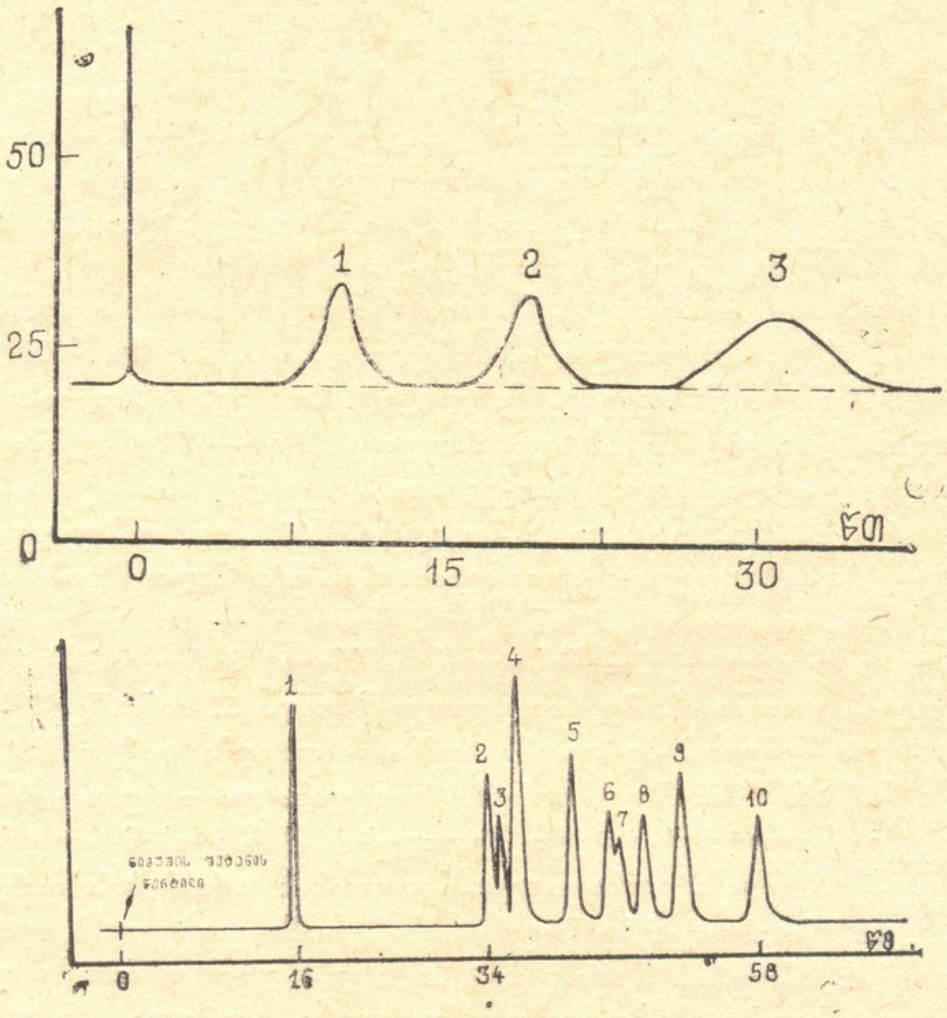
ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ზოგადი ნაწილი

ქრომატოგრაფიის განვითარების ახალი ეტაპი 30 — 40-იანი წლების მიჯნაზეა. ამ პერიოდამდე ქრომატოგრაფიული მეთოდი ნაკლებად იყო გავრცელებული. საანალიზო პრაქტიკაში უპირატესად ადსორბციული ან თხევადი ქრომატოგრაფია გამოიყენებოდა.

გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის განვითარება ორმოცდაათიანი წლებიდან იწყება. მართალია, ა. მარტინმა და რ. სინჯმა [107] ჯერ კიდევ 1941 წელს წამოაყენეს წინადადება მოძრავ ფაზად გაზის გამოყენების შესახებ, მაგრამ იგი მხოლოდ 1951 — 52 წლებში იქნა განხორციელებული, როცა გამოქვეყნდა ე. კრემერისა და ფ. პრაიორის [63], ე. კრემერისა და რ. მჯულერის [64] მიერ გაზურ-ადსორბციული ქრომატოგრაფიის საკითხებისადმი მიძღვნილი შრომები, აგრეთვე ა. ჯეიმსისა და ა. მარტინის [88] შრომა გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის ირგვლივ. ამის შემდეგ შესამჩნევი აღმავლობა ქრომატოგრაფიის დარგში, რომელსაც ადგილი ჰქონდა 50-იანი წლების დასაწყისსა და შემდგომ პერიოდში, სამმა ძირითადმა ფაქტორმა განაპირობა [52]: 1. 1952 წელს იონური გაცვლისა და თხევადი განმანაწილებელი ქრომატოგრაფიული მეთოდების წარმატებამ საფუძველი ჩაუყარა სხვა ქრომატოგრაფიული მეთოდების აღიარების დაჩქარებას; 2. 1952 წლისათვის საანალიზო პრაქტიკაში გავრცელებული ნახშირწყლების ანალიზის მეთოდების ჩატარება დიდ დროს მოითხოვდა, თვით ანალიზი, სირთულის გამო, ძვირი ჯდებოდა. ამასთანავე, მეთოდები არ იყო სრულყოფილი. ორგანულ ნივთიერებათა თვისებრივი ანალიზი, რომელიც ემყარებოდა ქიმიურ რეაქციებს, პოტენციურად ნელი და არასრული იყო. ამიტომ ანალიზის ფიზიკურ მეთოდებს უპირატესობა უნდა მინიჭებოდა, მათ შორის ახლად შემოთავაზებულ ფიზიკურ მეთოდს, რომელიც საკმაოდ აკმაყოფილებდა არაპოლარულ ნაერთთა ანალიზის მოთხოვნებს; 3. არანაკლებ მნიშვნელოვანი ფაქტორი ის იყო, რომ ამ პერიოდისათვის შექმნილი იყო დეტექტორები, რომლებსაც შეეძლოთ რეაგირება საანალიზო ნიმუშის ყველა ელჯუირებულ კომპონენტზე, ეს კი ქმნიდა ქრომატოგრაფიული მონაცემების მიღების საშუალებას იმ სახით, როგორც წარმოდგენილია მე-18 სურათზე.

ბოლო ათწლეულის განმავლობაში კვების მრეწველობის პროდუქტთა მეცნიერული კვლევისა და შესწავლის საქმეში განსაკუთრებული მნიშვნელობა მიენიჭა გაზურ-სითხურ ქრომატოგრაფიას. მისი უპირატესობა სხვა ქრომატოგრაფიულ მეთოდებთან შედარებით



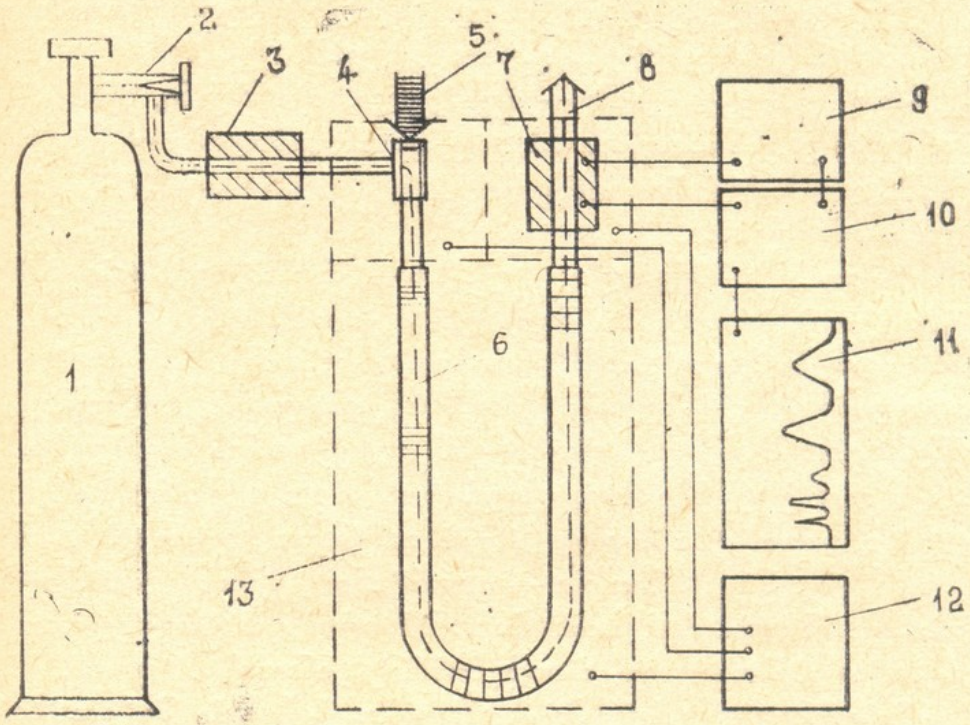

სურ. 18. ა) ეთანის, პროპანისა და ბუთანის 0,05 მლ ნარევის გაყოფა სილიკაგელზე: ბ) სწრაფად გაყოფილი ჰეპტანის იზომერების ქრომატოგრამა. 15, 25 მ სიგრძის ქრომატოგრაფიული სვეტი; თხევადი ფაზა—სკვალანი; ტემპერატურა — 20°C.

ისაა, რომ ამ მეთოდით შეიძლება საკვლევ სითხეებში აღმოვაჩინოთ ორგანული ნივთიერებები თვით ყველაზე მცირე რაოდენობით არსებობის შემთხვევაშიც კი, დავაფიქსიროთ კვების პროდუქტებში დამწიფების, შენახვის, დაძველებისა თუ გადამუშავების დროს მიმდინარე უმნიშვნელო ქიმიური ცვლილებები. ამ გარემოებამ საგრძნობლად გაზარდა გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის გამოყენების დიაპაზონი კვების პროდუქტების რთულ ნივთიერებათა კომპლექსის მეცნიერული კვლევის სფეროში.

## 1. გაზური ქრომატოგრაფი და მისი ძირითადი კვანძები

ეროვნული ბიბლიოთეკა

მე-19 სურათზე მოცემულია გაზური ქრომატოგრაფის ზოგადი სქემა.




სურ. 19.

**თ ე რ მ ო ს ტ ა ტ ი** — განმანაწილებელ სვეტში საანალიზო ნაზავის გაყოფისათვის საჭირო ტემპერატურის შესანარჩუნებელი მოწყობილობა. სვეტი, ჩვეულებრივ, თერმოსტატში მაგრდება.

**გ ა ნ მ ა ნ ა წ ი ლ ებ ე ლ ი  ს ვ ე ტ ი** — გაზური ქრომატოგრაფის ერთი უმთავრესი ნაწილია. იგი უჟანგავი ფოლადის, თითბერის ან მინის სწორი, U-ს მაგვარი ან სპირალური, მცირე დიამეტრის (ხშირად 4 — 6 მმ) მილია, რომელიც დატვირთულია მარცვლოვანი, მყარი გადამტანით და რომელზედაც მიმდინარეობს საანალიზო ნაზავის დაყოფა.

სპეციალური კონსტრუქციის ქრომატოგრაფებში გამოყენებულია კაპილარული სვეტები, რომლის შიგა დიამეტრი საშუალოდ 0,5 — 1 მმ-ია, ხოლო სიგრძე — 15 — 100 მ და ზოგჯერ უფრო მეტიც.

**დ ო ზ ა ტ ო რ ი** — გაზისებური ან თხევადი საანალიზო ნიმუშის სვეტში შესაყვანი მოწყობილობა.

**ა მ ა ო რ თ ქ ლ ებ ე ლ ი  კ ა მ ე რ ა** — სადაც ნიმუში ორთქლდება სვეტში მოხვედრის წინ. ნიმუშის სწრაფად აორთქლების მიზნით კამერის ტემპერატურა 50 — 100°C-ით აჭარბებს სვეტის სამუშაო ტემპერატურის დონეს.

დ ე ტ ე ქ ტ ო რ ი — მოწყობილობა, რომელიც განსაზღვრავს სვეტიდან გამოსულ, გადამტანი გაზის ნაკადში არსებულ კომპონენტებს.

გ ა დ ა მ ტ ა ნ ი  გ ა ზ ი — ინერტული გაზი, რომელიც ქრომატოგრაფის განმანაწილებელ სვეტში გაზისებურ მდგომარეობაში გადასული ნარევის კომპონენტებს გადააადგილებს.

მ ყ ა რ ი  გ ა დ ა მ ტ ა ნ ი — ინერტული, ფოროვანი, მყარი ნივთიერება, რომელიც შთანთქავს თხევად ფაზას. კაპილარული სვეტის გამოყენების შემთხვევაში თხევადი ფაზის გადამტანის როლს სვეტის კედლები ასრულებს.

უ ძ რ ა ვ ი  თ ხ ე ვ ა დ ი  ფ ა ზ ა — ქრომატოგრაფის სამუშაო ტემპერატურის პირობებში შედარებით არამქროლავი სითხე, რომლითაც იფარება მყარი გადამტანის ზედაპირი.

თ ვ ი თ მ წ ე რ ი — ავტომატური მოწყობილობა, რომელსაც აქვს საკომპენსაციო სქემა და აფიქსირებს დეტექტორის სიგნალებს.

მ ა ნ ო მ ე ტ რ ე ბ ი, ზ უ ს ტ ი  რ ე გ უ ლ ი რ ე ბ ი ს  ვ ე ნ ტ ი ლ ე ბ ი, რ ო ტ ა მ ე ტ რ ე ბ ი, რ ე ო მ ე ტ რ ე ბ ი, ნ ა კ ა დ ი ს  ქ ა ფ ი ა ნ ი  მ ზ ო მ ი — გადამტანი გაზის პარამეტრების (წნევისა და ნაკადის სიჩქარის) საკონტროლო და სარეგულირო ხელსაწყოები თვისებრივი და რაოდენობრივი ანალიზის დროს.

ქრომატოგრაფიულ სვეტში საანალიზო ნიმუშის შეტანა ხორციელდება მიკროშპრიცის მეშვეობით. შპრიცით ვიღებთ საანალიზო ხსნარის გარკვეულ რაოდენობას და ნემსის წვერი რეზინის საფენის გზით შეგვაქვს ამაორთქლებელ კამერაში. შპრიცის დგუშს მყისიერად ვაწვებით თითით და ნემსის წვერს რეზინის საფენში 2 — 3 წამს ვაყოვნებთ. საანალიზო სითხე ორთქლდება და გადამტანი გაზის ნაკადთან ერთად სვეტში მიემართება.

დეტექტორის მეშვეობით ხორციელდება გადამტანი გაზის ნაკადში არსებული საანალიზო ნიმუშის კომპონენტთა რეგისტრაცია. არსებობს რამდენიმე სახის დეტექტორი. გავეცნოთ დეტექტორის მუშაობის ზოგად პრინციპს თბოგამტარობის დეფექტორის (კატარომეტრის) მაგალითზე (თბოგამტარობის დეტექტორის სქემა და დახასიათება იხილეთ 97-ე გვერდზე).

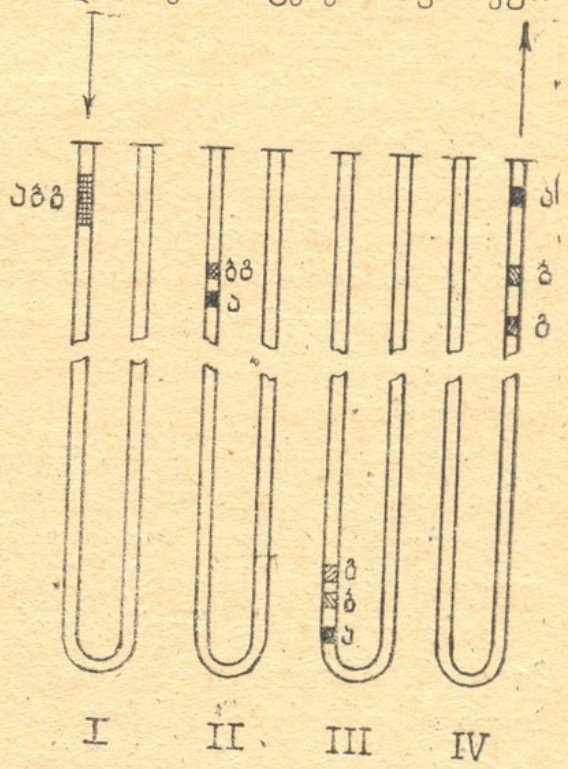
გადამტანი გაზის მიერ დეტექტორის შედარებითი და გამზომი უჯრედების გავლისას გამზომ დიაგონალში დენი არ არის, თვითმწერის კალამი უძრავ მდგომარეობაშია და დიაგრამის ქაღალდზე რეგისტრირდება სწორი ხაზი, რომელსაც ნ უ ლ ო ვ ა ნ ხაზს ანუ ქრომატოგრამის ძირითად ხაზს უწოდებენ. როგორც კი გამზომ უჯრედში გადამტან გაზთან ერთად საკვლევი კომპონენტი დაიწყებს შესვლას, წარმოიქმნება ბინარული ნაზავი, რომლის თბოგამტარობა განსხვავდება გადამტანი გაზის თბოგამტარობისაგან. ამ დროს უჯრედში ირ-

ღვევა თბური წონასწორობა. ეს იწვევს ტემპერატურის ცვლილებას, რის შედეგად იცვლება უჯრედში მოთავსებული თერმისტორის წინაღმდეგობა და გამზომ დიაგონალში წარმოიქმნება დენი. წარმოქმნილი დენის სიდიდე პროპორციულია ბინარული ნაზავისა და სუფთა გადამტანი გაზის თბოგამტარობებს შორის სხვაობისა, ეს უკანასკნელი პროპორციულია ბინარულ ნაზავში არსებულ ნივთიერებათა ორთქლის კონცენტრაციისა. ამ დროს თვითმწერის კალამი გადაიხრება ნულოვანი ხაზიდან და დიაგრამაზე მონაცემი აღირიცხება პიკის სახით. პიკის ფართობის სიდიდე დამოკიდებულია საანალიზო კომპონენტის კონცენტრაციაზე.

ამგვარად, საანალიზო ნაზავის თითოეული კომპონენტის დეტექტორში გავლა ფიქსირდება დიაგრამის ქაღალდზე პიკის სახით, რომლის ფართობი პროპორცულია საანალიზო ნიმუშში მისი რაოდენობისა.

### ქრომატოგრაფიულ სვეტში მიმდინარე პროცესების ფიზიკური არსი

იმისათვის, რომ ზოგადად გავერკვეთ გაზურ-სითხურ განმანაწილებელ ქრომატოგრაფიულ სვეტში მიმდინარე პროცესების ფიზიკურ არსში, გავეცნოთ სვეტში ნივთიერებათა განაწილებას ისეთი ნაზავის მაგალითზე, რომელიც შედგება ა. ბ და გ თხევადი კომპონენტებისაგან (სურ. 20).



სურ. 20. სამკომპონენტიანი ნაზავის დაყოფის სქემა.

საანალიზო ნაზავი ამაორთქლებელ კამერაში შეტანისთანავე ორთქლდება. კომპონენტთა ორთქლი წარიტაცება ინერტული გადამტანი გაზის მიერ და მიემართება სვეტისაკენ, სადაც უშუალოდ ეხება უძრავ ფაზას, რომელიც დატანილია თხელი ფენის (აპკის) სახით მყარი გადამტანის მარცვლებზე.

რამდენადაც საანალიზო კომპონენტთა ორთქლი არ არის ნაჯერ მდგომარეობაში, მათზე შეიძლება გავავრცელოთ ჰენშმარიტი აირებისათვის მოქმედი კანონები.

აირების სითხეებთან კონტაქტის დროს ხდება მათი შთანთქმა. ამასთანავე, ადსორბირებული ნივთიერების რაოდენობა დამოკიდე-

ბულია მოცემულ სითხეში მის ხსნადობასა და აირნაზავში მის პარციალურ წნევაზე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

სითხის მიერ შთანთქმული და შთაუნთქმელი აირის რაოდენობებს შორის შეფარდება გამოიხატება ჰენრის კანონით:

$$P = k \cdot C,$$

სადაც $P$ არის წნევა,

$C$ — სითხის მიერ შთანთქმული აირის კონცენტრაცია,

$k$ — პროპორციულობის კოეფიციენტი, ანუ ჰენრის კოეფიციენტი.

მას შემდეგ, რაც აირის ნაწილი გაიხსნება სითხეში, თანახმად ჰენრის კანონისა, მყარდება წონასწორობა, რომელიც გამოიხატება შეფარდებით:

$$k = \frac{C_{\text{სით}}}{C_{\text{აირ.}}},$$

სადაც $k$ არის განაწილების კოეფიციენტი;

$C_{\text{სით.}}$ — აირის კონცენტრაცია სითხეში;

$C_{\text{აირ.}}$ — აირის კონცენტრაცია სითხის თავზე.

ა, ბ, და გ კომპონენტების შემცველი ნაზავის ორთქლი, რომელიც სვეტში მოხვდება, ნაწილდება გადამტან გაზსა და თხევად ფაზას შორის ჰენრის კანონის თანახმად.

ვინაიდან კომპონენტები ერთმანეთისაგან განსხვავებული თერმოდინამიური თვისებებით ხასიათდებიან, თითოეული მათგანის განაწილების კოეფიციენტი $k$ სხვადასხვა იქნება. უფრო დიდი სიჩქარით იმოძრავებს ის კომპონენტი, რომელსაც განაწილების დიდი კოეფიციენტი აქვს.

თუკი ნარევის კომპონენტთა განაწილების კოეფიციენტები ერთმანეთისაგან საკმაოდ განსხვავდება, გადამტანი გაზის ქრომატოგრაფიულ სვეტში გავლის შედეგად წარმოიქმნება ამ კომპონენტთა ცალკეული ზონები. მაშასადამე, მოხდება ნარევის სრული დაყოფა.

განვიხილოთ, რა ხდება ქრომატოგრაფიულ სვეტში, როცა მასში მოხვდება ორთქლი ა, ბ და გ კომპონენტებისა, რომლებიც განსხვავებული ადსორბირების უნარით ხასიათდებიან (ა, ბ, გ).

ინერტული გადამტანის ნაწილაკები (მარცვლები), რომლებითაც გავსებულია სვეტი, წარმოქმნიან სისტემას — შემდგარს ნაწილაკებს შორის არსებული ე. წ. არხებისა და ღრუებისაგან.

თავიდანვე, როგორც კი საანალიზო ნარევის ორთქლი შეეხება სვეტში ჩატვირთულ მასას, იწყება კომპონენტთა გადანაწილება მოძ-

რავ ფაზასა და უძრავ თხევად ფაზას შორის. მე-20 სურათზე სქემატურადაა წარმოდგენილი საანალიზო ნაზავის განაწილების პროცესი.

დასაწყისში ნაზავის ყველა კომპონენტი სვეტის თავში იმყოფება (სურ. 20 I). გადამტანი გაზის ახალი ულუფის მიერ ამ მონაკვეთის გავლისას ადსორბირებულ კომპონენტთა ნაწილი გადადის უძრავი ფაზიდან მოძრავ ფაზაში. კერძოდ, გადამტანი გაზი უფრო მეტად გაჯერდება მცირე ადსორბციის უნარის მქონე ა კომპონენტით, ხოლო ნაკლებად შედარებით ძლიერი ადსორბციის უნარის მქონე ბ და გ კომპონენტებით. გაზური ნაზავი, რომელიც გამდიდრებულია ა კომპონენტით და გაღარიბებულია ბ და გ კომპონენტებით, ადსორბირდება უძრავი თხევადი ფაზის მომდევნო მონაკვეთზე. ამასთანავე, ბ და გ კომპონენტები უფრო მეტად ადსორბირდებიან ვიდრე ა კომპონენტი, რის გამოც გადამტანი გაზის ახალი ულუფა კვლავ გამდიდრდება ა კომპონენტით და მას თავის ნაკადთან ერთად კვლავ გადაადგილებს თხევადი ფაზის მომდევნო მონაკვეთზე.

სვეტის სხვადასხვა მონაკვეთში მრავალგზის მიმდინარე სორბციისა და დესორბციის მსგავსი მონაცვლეობითი პროცესები იწვევს იმას, რომ უძრავ თხევად ფაზაში კარგად ხსნადი კომპონენტები ჩამორჩებიან, ხოლო სუსტი ადსორბციის უნარის მქონენი წინ ისწრაფვიან.

ჩვენს მიერ განხილულ შემთხვევაში ა კომპონენტის გადაადგილების სიჩქარე მეტია, ვიდრე ბ კომპონენტისა, რომელიც თავის მხრივ გ კომპონენტზე სწრაფად მოძრაობს. ამის გამო ნაზავის სვეტში შეტანიდან რამდენიმე ხნის შემდეგ ა კომპონენტი თანდათან იწყებს სხვა კომპონენტებისაგან გამოყოფას (სურ. 20 II), ხოლო მცირე დროის გავლის შემდეგ, სვეტში გადამტანი გაზის ახალი ულუფების გავლის მეშვეობით, კომპონენტები უფრო ნათლად და თვალსაჩინოდ გამოეყოფიან ერთმანეთს (სურ. 20 III). ქრომატოგრაფიული გაყოფის დამთავრებისას კომპონენტები სვეტიდან გამოვლენ რიგრიგობით: ჯერ ა, შემდეგ ბ და გ, რომელთაც ამგვარივე თანმიმდევრობით დაფიქსირებს დეტექტორი.

### სვეტის ეფექტურობა

საანალიზო ნაზავის ქრომატოგრაფიული დაყოფა განპირობებულია ორი მნიშვნელოვანი ფაქტორით: სვეტის ეფექტურობითა და უძრავი ფაზის ეფექტურობით (უძრავი თხევადი ფაზის ეფექტურობის ნაცვლად ხშირად იხმარება ტერმინი: ფაზის სელექტურობა).

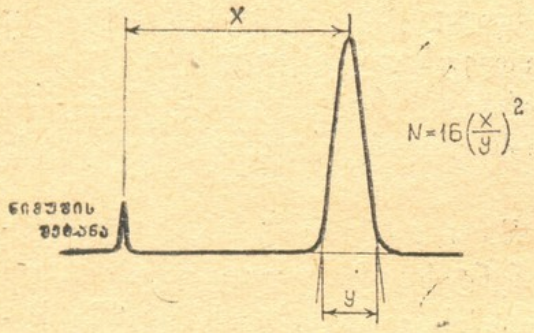
სვეტის ეფექტურობა განისაზღვრება „თეორიული თეფშების“ რიცხვით და რაოდენობრივად შეიძლება გამოისახოს ისეთი ცნებით,

როგორიცაა თეორიული თეფშის ექვივალენტური სიმაღლე (თეორ.). თეორ. სვეტის ის სიგრძეა, რომელიც საჭიროა მოძრავ გაზურ ფაზასა და უძრავ სითხურ ფაზას შორის წონასწორობის დამყარებისათვის.

სითხური ფაზის ეფექტურობა დაკავშირებულია ურთიერთმოქმედებასთან: გახსნილი ნივთიერება — გამხსნელი და განსაზღვრავს ქრომატოგრამაზე გახსნილი ნივთიერების ზოლების შეფარდებით მდებარეობას.

სვეტის ეფექტურობა განისაზღვრება ე. წ. „თეორიული თეფშების“ რიცხვით. ქრომატოგრაფიული ანალიზის დროს საანალიზო ნაზავის დაყოფის პროცესი ხორციელდება ცალკეული საფეხურების სახით, ყოველ საფეხურზე მყარდება გახსნილი ნივთიერებების სრული წონასწორობა ორ ფაზას შორის, რის შედეგად ფაზები იყოფა. ყოველ ასეთ საფეხურს „თეორიულ თეფშს“ უწოდებენ.

„თეორიული თეფში“ პირობითი ტერმინია, და იგი ნასესხებია სადისტილაციო ტერმინოლოგიიდან. ისტორიულად პირველი ეფექტური სადისტილაციო სვეტი შედგებოდა ცალკეული თეფშებისაგან, რომელთა მეშვეობითაც ხდებოდა გარკვეულ ნაზავთა ცალკეულ ფრაქციებად გაყოფა. საზოგადოდ კი, ლაბორატორიებში უფრო ფართოდ გამოიყენება შემავსებლიანი სადისტილაციო სვეტები და თეფშის სიმაღლე პირობითი თეორიული ცნებაა, რომელიც სვეტის მუშაობას ახასიათებს.




სურ. 21. თეორიული თეფშების რიცხვის გამოანგარიშება.

„თეორიული თეფშის“ ცნების შემოღება მეტად სასარგებლო და ხელსაყრელია ქრომატოგრაფიული სვეტების ურთიერთშედარებისას. აგრეთვე, სვეტების შევსების სტანდარტული პირობების დამუშავებისას.

„თეორიული თეფშების“ რიცხვი ($N$) შეიძლება ადვილად განისაზღვროს ქრომატოგრამის მიხედვით (სურ. 21). ამისათვის უნდა გავავლოთ შემხებები პიკის გადახრის წერტილებში:

$$N=16\left(\frac{x}{y}\right)^2,$$

სადაც $y$ არის ნულოვანი ხაზის იმ მონაკვეთის სიდიდე, რომელიც მოთავსებულია ორ შემხებს შორის;

$x$ — მანძილი საანალიზო სინჯის შეტანის წერტილიდან პიკის მაქსიმუმამდე.

სვეტის ეფექტურობა მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. მრავალ ამ ფაქტორთაგანს აფასებენ მათი ზემოქმედებით $N$ სიდიდეზე ან თეორიული თეფშის ექვივალენტურ სიმაღლეზე (თთეს). ეს უკანასკნელი დაკავშირებულია $N$ ტოლობასთან

$$\text{თთეს} = L/N,$$

სადაც $L$ არის სვეტის სიგრძე (სმ-ობით).

თთეს-ის გაანგარიშებით ერთმანეთს ადარებენ სხვადასხვა სიგრძის სვეტებს და მსჯელობენ სვეტის ეფექტურობაზე.

„თეორიული თეფშების" რიცხვი გაზურ-ქრომატოგრაფიულ სვეტში დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე, როგორიცაა გახსნილი ნივთიერების დიფუზიის სიჩქარე ორ ფაზას შორის, სვეტის დატვირთვის თანაბარზომიერება, უძრავი თხევადი ფაზის ფენის სისქე, აგრეთვე, მოძრავი ფაზის ბუნება და მისი ნაკადის სიჩქარე.

ქრომატოგრაფიული სვეტების მუშაობის ოპტიმიზაციისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ქრომატოგრაფიული პიკის ფართობის გამოთვლის მიზნით შემუშავებული თეორიების, მათ შორის ვან დეემტერის [67] მიერ შემოთავაზებულ და ე. გლიუკაუფისა [81] და სხვათა მიერ განვითარებული სიჩქარეების თეორიის [100] თვისობრივ გაგებას.

გაზურ ქრომატოგრაფიაში ეფექტური, ანუ სელექტური ფაზების გამოყენების შესაძლებლობამ მეტად გაზარდა მისი მნიშვნელობა დისტილაციასთან შედარებით.

სელექტური ფაზების შერჩევისას გათვალისწინებული უნდა იქნას ურთიერთმოქმედების ძალების ოთხი სახე (ორიენტაციის ძალები, ანუ კეზომის ძალები, ინდუქციის ძალები ანუ დებაის ძალები, დისპერსიული, ანუ ლონდონის ძალები, ურთიერთმოქმედების სპეციფიური ძალები), რომლებსაც შეუძლიათ მიიღონ მონაწილეობა გაზურ-ქრომატოგრაფიული დაყოფის პროცესში [13, 98].

### ქრომატოგრაფის ცალკეული კვანძები

გაზური ანალიზური ქრომატოგრაფი ურთიერთმოქმედი სისტემების ერთობლიობაა, რომელიც განკუთვნილია საანალიზო ნაზავის ქრომატოგრაფიული გაყოფის ოპტიმალურ რეჟიმში ანალიზის ჩასატარებლად ნაზავის შემადგენლობის დადგენის მიზნით.

ქრომატოგრაფის ყველა ფუნქციონალური სისტემა ურთიერთდაკავშირებულია, ამიტომ ხელსაწყოს მუშაობა შეიძლება დამაკმაყოფილებელი იყოს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუკი თითოეული სისტემა ცალკეულად სწორად და გარკვეული სიზუსტით მუშაობს.

ქრომატოგრაფის ცალკეული კვანძებისა და დეტალების კონსტრუქციულ თავისებურებებს აქვს მეტად დიდი პრაქტიკული მნიშვნე-

ლობა. ისინი ფაქტიურად განსაზღვრავენ არა მარტო საანალიზოდ მომზადების მოხერხებულობასა და საექსპლუატაციო თვისებებს, ასევე მედ განაპირობებენ აპარატის ანალიზურ შესაძლებლობებს — მის სიზუსტეს, მგრძნობელობას და ა. შ. უპირველეს ყოვლისა, ეს შეეხება დეტექტორის კონსტრუქციას, რომლის მგრძნობელობაზე ბევრად არის დამოკიდებული გაყოფის ხარისხი.

მკვლევარის მიერ ანალიზის ამა თუ იმ ხერხის შერჩევის დროს დიდი მნიშვნელობა ეძლევა ქრომატოგრაფიული სვეტის მომზადებისა და დოზირების წესების ცოდნას, რათა შესაფერისად მომზადდეს საანალიზო ნიმუში და სრულყოფილად და დამაკმაყოფილებლად ჩატარდეს თვით ანალიზი.

## 1. ქრომატოგრაფიული სვეტები

გაზურ-სითხურ ქრომატოგრაფიაში გავრცელებული სვეტები ორ ძირითად ტიპად იყოფა: დასატვირთი (როცა თხევადი ფაზით დაფარულია მყარი გადამტანი ფაზის ნაწილაკები და ამ მასით ივსება სვეტი) და კაპილარული.

დასატვირთი სვეტი მზადდება ლითონის (სპილენძი, თითბერი, უჟანგავი ფოლადი) ან მინის 3 — 10 მმ შიგა დიამეტრისა და 0,5 — 15 მ სიგრძის მქონე მილაკების სახით.

22-ე სურათზე ნაჩვენებია საანალიზო პრაქტიკაში გავრცელებული სხვადასხვა სახის ქრომატოგრაფიული სვეტი.

თანამედროვე ხელსაწყოებს უმრავლეს შემთხვევაში U ან W-ს მაგვარი ლითონის სვეტები გააჩნია, ზოგჯერ სვეტს აქვს ცილინდრული ანდა თხელი ზამბარის ფორმა. ხშირად 1 — 2 მეტრი სიგრძის სექციებისაგან აწყობენ ნებისმიერი სიგრძის სვეტებს, რომლებსაც აერთებენ მცირე ზომის კაპილარული მილაკების, შემაერთებელი მუფტებისა თუ სხვადასხვა კონსტრუქციის ქანჩების მეშვეობით.

მიკროდასატვირთი სვეტის შიგა დიამეტრი 0,8 — 1,0 მმ-ს შეადგენს, ხოლო სიგრძე იშვიათად აღემატება 2 მეტრს.

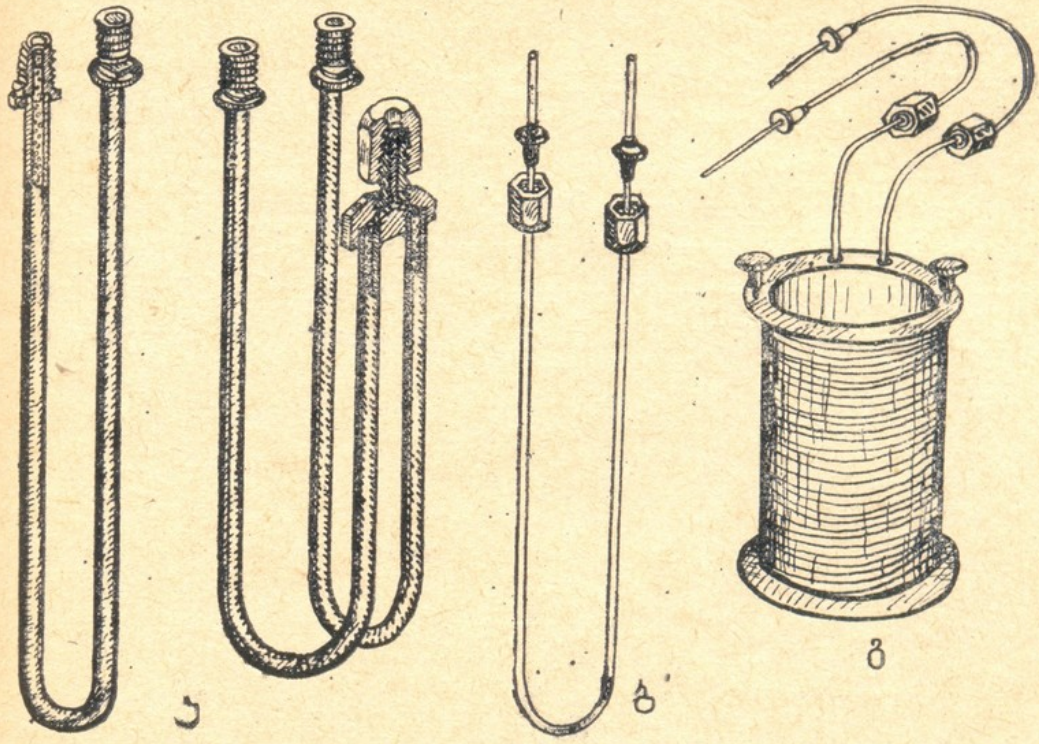
სვეტებს თერმოსტატში ამაგრებენ როგორც ვერტიკალურად („ХЛ — 4“, „Chrom“, „Цвет“, „პაის“, „ვირუსის“ ფირმებისა და სხვა აპარატებში), ისე ჰორიზონტალურად (იაპონურ „შიმაძუს“ ფირმის, აგრეთვე „პერკინ-ელმერის“ ზოგიერთ ქრომატოგრაფში).

პანქრომატოგრაფში სპირალური ფორმის სვეტები დამაგრებულია მყარ საფუძველზე, ამასთანავე ისინი ქმნიან ცალკეულ ბლოკებს, რომლებიც ადვილად მონტაჟდებიან ხელსაწყოში.

მიუხედავად იმისა, რომ სწორი ან U-ს მაგვარი სვეტები მეტად მოხერხებულია, ზოგჯერ, უმთავრესად კი მცირეგაბარიტიანი ქრომატოგრაფების კონსტრუქციისას, გამოიყენება სპირალური სვეტები.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის შესაძლებლობები ფართოდ გაიზარდა კაპილარული სვეტების გამოყენების მეშვეობით, რომლებიც სწრაფი დაყოფის საშუალებას იძლევიან. იმ შემთხვევებში, როცა მრავალკომპონენტიანი ნაზავის ცალკეულ კომპონენტთა დუღილის




სურ. 22. ქრომატოგრაფიული სვეტები: ა—დასატვირთი სვეტები; ბ—მიკროდასატვირთი სვეტი; გ — კაპილარული სვეტი.

ტემპერატურებს შორის მეტად მცირე სხვაობაა და ჩვეულებრივ სვეტებზე დაყოფა არ ხერხდება, კაპილარული სვეტის გამოყენება ამ დროს მეტად ეფექტურია.

იმის მიხედვით, თუ რა სახის ამოცანის შესრულებაა მიზნად დასახული, კაპილარული სვეტის სიგრძეც სხვადასხვა იქნება, საზოგადოდ, მისი სიგრძე მერყეობს 10 — 15 მეტრიდან 1500 მეტრამდე.

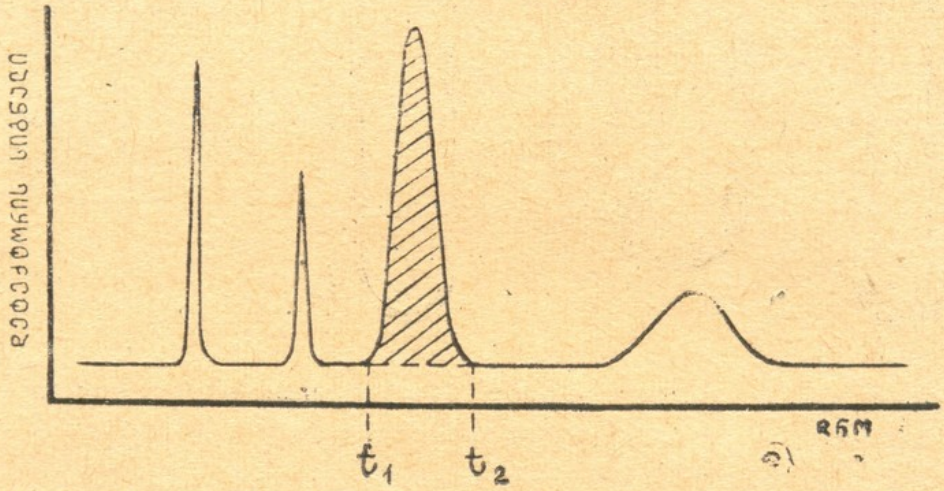
კაპილარული მილაკის კედლები უნდა იყოს გლუვი, მათზე არ უნდა ადსორბირდებოდეს გასაყოფი ნივთიერებები, ხოლო უძრავი თხევადი ფაზით მისი შიგა ზედაპირი კარგად უნდა დასველდეს.

## 2. დეტექტორები

ქრომატოგრაფიული დეტექტორი წარმოადგენს მოწყობილობას, რომელიც გადამტანი გაზის ნაკადში არსებული ნაზავის გაყოფილი კომპონენტების რაოდენობრივ რეგისტრაციას აწარმოებს.

არსებობს ინტეგრალური და დიფერენციალური დეტექტორები. ინტეგრალური დეტექტორის სიგნალი ელუირებულ ზოლში ნივთიერების საერთო მასის პროპორციულია. ხოლო დიფერენციალური დეტექტორის სიგნალი პროპორციულია ელუირებული ნივთიერების ნაკადის მასური სიჩქარისა ან კონცენტრაციისა. კონცენტრაციაზე მორეაგირე დეტექტორის ნიმუშია თბოგამტარობის დეტექტორი, ანუ კატარომეტრი (კონცენტრაციული დეტექტორი), ხოლო მასურ სიჩქარეზე მორეაგირესი — აალებად-იონიზაციური დეტექტორი (ნაკადური დეტექტორი).

დიფერენციალური დეტექტორის საშუალებით ჩაწერილი ქრომატოგრამა შედგება ცალკეულ ნივთიერებათა შესაბამისი პიკებისაგან, ამავე დროს თითოეული პიკის ფართობი პირდაპირპროპორციულია შესაბამისი კომპონენტის მასისა. ეს გარემოება საშუალებას იძლევა




სურ. 23. დიფერენციალური ქრომატოგრამა: დაშტრიხული ფართობი პროპორციულია დროის $t_2$—$t_1$ ინტერვალში ელუირებული კომპონენტის მასისა.

გამოთვლილ იქნას საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა შემცველობა წონით პროცენტებში, თუ ცნობილია ქრომატოგრამაზე გამოსახული პიკების ფართობების შეფარდება. ამასთანავე, აუცილებელია შესაბამისი შესწორების კოეფიციენტის ცოდნაც, რომელიც მოცემულია შესატყვის თავში (იხ. გვ. 174—179).

კონცენტრაციული დეტექტორის შემთხვევაში პიკის ფართობი უკუპროპორციულია გადამტანი გაზის სიჩქარისა, ამიტომ ზუსტი რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარებისათვის საჭიროა გადამტანი გაზის ნაკადის სიჩქარე იყოს თანაბარი.

აღსანიშნავია, რომ ნაკადური დეტექტორისათვის პიკის ფართობი დამოკიდებული არ არის გადამტანი გაზის სიჩქარეზე. ამის გამო ალებად-იონიზაციური დეტექტორის გამოყენებისას გადამტანი გაზის თა-

ნაბარი და მუდმივი ნაკადის შენარჩუნებას არა აქვს ისეთი მნიშვნელობა, როგორც თბოგამტარობის დეტექტორის გამოყენების დროს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ქრომატოგრაფიული დეტექტორები მუშაობის პრინციპით მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, თუმცა შეიძლება ერთმანეთს შევადაროთ ისეთი დამახასიათებელი თვისებების მიხედვით, როგორიცაა მგრძნობიარობა, ხმაურის დონე, წრფივი დიაპაზონი, სიგნალის ბუნება, აგრეთვე, ზოგიერთი მეორეხარისხოვანი ნიშნებისა და თვისებების მიხედვით.

პირველი მოთხოვნილება, რაც წაეყენება დეტექტორს, ესაა კონსტრუქციის სიმარტივე და უბრალოება; იგი უნდა იყოს მაღალმგრძნობიარე, რათა რეაგირება მოახდინოს გადამტან გაზში კვალის სახით არსებულ კომპონენტებზე. დეტექტორი უნდა იყოს მგრძნობიარე ყველა გაზისა და ორთქლისადმი ფართო ტემპერატურულ ზღვრებში, და არ რეაგირებდეს, ანდა უმნიშვნელოდ რეაგირებდეს ტემპერატურის, წნევისა და გადამტანი გაზის მიწოდების სიჩქარის ცვლილებებზე, რათა შევინარჩუნოთ თვითმწერზე მყარი ნულოვანი ხაზი.

მუშაობის პროცესში დეტექტორი არ უნდა დაბინძურდეს, რათა თავიდან ავიცილოთ მცდარი შედეგები ქრომატოგრაფიულ ანალიზში.

მეტად რთული ამოცანაა ისეთი იდეალური დეტექტორის შექმნა, რომელიც ყველა ზემოაღნიშნულ მოთხოვნას თანაბრად დააკმაყოფილებდა, თუმცა არსებობს დეტექტორების ისეთი ტიპები, რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი მგრძნობიარობით და საკმაოდ მყარსა და საიმედო მონაცემებს იძლევიან.

მართალია, უნივერსალური დეტექტორი უნდა რეაგირებდეს ყველა კომპონენტზე, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში საჭირო ხდება ისეთი სპეციფიკური დეტექტორების გამოყენება, რომლებიც სელექტური თვისებებით გამოირჩევიან მხოლოდ ნაერთთა გარკვეული კლასების მიმართ (ფოსფორული დეტექტორი, ელექტრონების წარტაცების დეტექტორი).

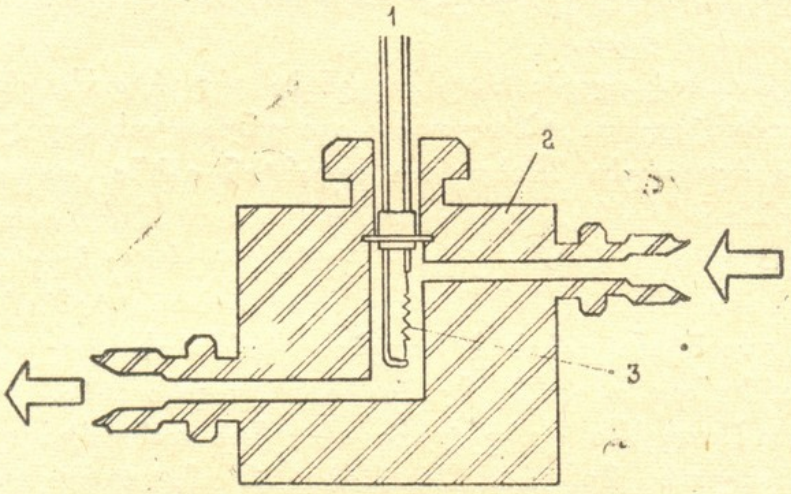
ა) თ ბ ო გ ა მ ტ ა რ ო ბ ი ს დ ე ტ ე ქ ტ უ რ ი (კ ა ტ ა რ ო მ ე ტ რ ი). თბოგამტარობის დეტექტორის მუშაობის პრინციპი ემყარება იმას, რომ გახურებული სხეულის სითბოს დაკარგვის სიჩქარე დამოკიდებულია გარემომცველი გაზის შემადგენლობაზე. ამდენად, სითბოგადაცემის სიჩქარის მოვლენა შეიძლება გამოყენებულ იქნას გაზის შემადგენლობის განსაზღვრისათვის.

გაზების სისუფთავის გამზომი პირველი ხელსაწყო შექმნა (1915 წელს) შეიქსპირმა და უწოდა კატარომეტრი, რომელიც წარმოდგება ბერძნული სიტყვისაგან „კატაროს“, რაც სუფთას ნიშნავს.

გაზურ ქრომატოგრაფიაში თბოგამტარობის დეტექტორი პირველად გამოიყენა ს. კლასონმა [61] 1946 წელს და მას შემდეგ მას ფართოდ იყენებენ საანალიზო პრაქტიკაში.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

თბოგამტარობის დეტექტორის კვანძის (სურ. 24) ძირითადი ნაწილი ზამბარისებურად დახვეული ლითონის ძაფია, რომელიც მოთავსებულია კამერის შიგნით ლითონის ბლოკში. ძაფი მზადდება ისეთი მასალისაგან, რომლის ელექტრული წინააღმდეგობა მკვეთრად იცვ-




სურ. 24. თბოგამტარების დეტექტორის კვანძი: 1—ძაბვის წყაროსა და შიდა ხიდურა სქემასთან შემაერთებელი; 2—დეტექტორის ბლოკი; 3—კატარომეტრის ძაფი.

ლება ტემპერატურის ცვლილებასთან ერთად (წინააღმდეგობის მაღალი ტემპერატურული კოეფიციენტის მქონე მასალა).

როცა უჯრედში სუფთა გადამტანი გაზი მიედინება, სითბოს დაკარგვა თანაბარია და ამიტომ ძაფის ტემპერატურაც მუდმივია. გადამტანი გაზის ნაკადში საანალიზო კომპონენტის გამოჩენისას ძაფის ტემპერატურა იცვლება, რაც შესაბამისად იწვევს ელექტრული წინააღმდეგობის ცვლილებას. ეს უკანასკნელი იზომება უიტსტონის ხიდურას დახმარებით.

თბოგამტარობის დეტექტორი რეაგირებს საკვლევი ნივთიერებისა და გადამტანი გაზის თბოგამტარობებს შორის სხვაობაზე. თბოგამტარობა დამოკიდებულია მოლეკულურ წონაზე. ეს იმას ნიშნავს, რომ დეტექტორის სიგნალი იცვლება სხვადასხვა მოლეკულური წონის კომპონენტებისათვის, ამიტომ აუცილებელია შესწორების კოეფიციენტების გამოყენება.

დეტექტორის ძაფების დასამზადებლად ხმარობენ წინააღმდეგობის მაღალტემპერატურული კოეფიციენტის მქონე და ქიმიური კოროზიისადმი მედეგ ლითონებს — პლატინას, ვოლფრამს და ვოლფრამის შენადნობებს.

თბოგამტარობის ზოგიერთ კვანძში ლითონის ძაფის ნაცვლად იყენებენ თერმისტორებს, რომლებიც წარმოადგენენ მანგანუმის, კობალტისა და ნიკელის ჟანგების ნარევთა შენადუღს მიკროელემენტების დამატებით, სასურველი ელექტრული თვისებების უზრუნველსაყოფად. თერმისტორი პლატინის მავთულებზე პატარა ბურთულის სახით მაგრდება და ქიმიური ინერტულობის უზრუნველყოფის მიზნით მინით იფარება.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

თერმისტორებზე დამზადებული თბოგამტარობის დეტექტორები ხასიათდებიან ფართო დინამიური დიაპაზონით, მაგრამ მგრძნობიარენი არიან მხოლოდ 150°C-მდე ფარგლებში. ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ მათი მგრძნობიარობა იზრდება ტემპერატურის დაწევასთან დაკავშირებით. ამგვარი დეტექტორები უპირატესად დაბალი დუღილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტებისათვისაა განკუთვნილი. იმ შემთხვევაში, თუკი სურთ გაზარდონ დეტექტორის მგრძნობიარობა 150° — 250°C-ის ფარგლებში მუშაობისათვის, მგრძნობიარე ელემენტების სახით იყენებენ ვოლფრამის ძაფებს. უფრო მაღალი ტემპერატურის პირობებში დეტექტორი კარგავს მგრძნობიარობას.

თბოგამტარობის დეტექტორების გამოყენების დროს სიფრთხილეა საჭირო. ვიდრე დენს ჩავრთავდეთ, უნდა დავრწმუნდეთ, გადის თუ არა გადამტანი გაზი დეტექტორში. თუკი სითბოს მიმღები გადამტანი გაზი არ გადის დეტექტორში, იგი შეიძლება მწყობრიდან გამოვიდეს.

დეტექტორის სპირალურ ძაფზე შესაძლოა მოხდეს მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნაერთთა კონდენსაცია, რაც გამოიწვევს ძლიერ ხმაურსა და ნულოვანი ხაზის დრეიფს. ამ შემთხვევაში დეტექტორის ბლოკი უნდა გავაცივოთ ოთახის ტემპერატურამდე, სვეტი მოვხსნათ, დეტექტორის შესასვლელში დავაყენოთ ნიმუშის შესაყვანი რეზინის საფენი და ქანჩი, შემდეგ შევიყვანოთ შიგ გამხსნელი — ბენზოლი ან ტოლუოლი იმ რაოდენობით, რაც საჭიროა არხების შესავსებად და დილამდე დავტოვოთ.

თბოგამტარობის დეტექტორები მეტად მგრძნობიარენი არიან გადამტანი გაზის ნაკადის სიჩქარის მიმართ. გადამტანი გაზის უცვლელი სიჩქარის შესანარჩუნებლად საჭიროა გამოვიყენოთ წნევის ორსაფეხურიანი რეგულატორები.

იმ შემთხვევაში, თუკი საანალიზო ნაზავის გაყოფა ხდება დაპროგრამებულ ტემპერატურულ რეჟიმში, მაშინ უმჯობესია გამოვიყენოთ ხარჯის დიფერენციალური რეგულატორი, რადგან ტემპერატურის მატების შედეგად გადამტანი გაზი ფართოვდება.

თბოგამტარობის დეტექტორს, ანუ კატარომეტრს ბევრი დადებითი თვისება აქვს, რის გამოც იგი ფართოდ გავრცელდა. კატარომეტ-

რი მარტივი და მყარი კონსტრუქციისაა, მასზე შესაძლებელია მრავალფეროვანი ნაერთების ანალიზის ჩატარება სხვადასხვა სახის გადამტანი გაზის გამოყენების დროს. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ კატარომეტრში გავლისას კომპონენტები ქიმიურ ცვლილებებს არ განიცდის, რაც საშუალებას იძლევა მოვაგროვოთ ისინი დამჭერებში შემდგომი კვლევის ჩატარების მიზნით.

კატარომეტრის უარყოფით თვისებად უნდა მივიჩნიოთ ის, რომ ის მეტად მგრძნობიარეა გადამტანი გაზის წნევისა და სიჩქარის ცვლილებების მიმართ. ამავე დროს კატარომეტრი ნაკლებ მგრძნობიარეა სხვა ტიპის დეტექტორებთან შედარებით, ამიტომ მათი გამოყენება საანალიზო ნაზავში კომპონეტთა მცირე რაოდენობის აღმოჩენის მიზნით არ ხერხდება.

ზემოაღნიშნული მიზეზის გამო, კატარომეტრი არ გამოიყენება კაპილარული სვეტებით ანალიზის დროს.

თბოგამტარობის დეტექტორის დახასიათება

| | |
|---|---|
| მინიმალური დეტექტირებული რაოდენობა | 2 — 5 მკგ (100 მემილიონედი ნაწილი 25 მკლ სითხეში, ანდა 100 მემილიონედი ნაწილი 5 მლ გაზში) |
| მგრძნობიარობა | ყველა ნაერთის მიმართ, გარდა გადამტანი გაზისა |
| წრფივი დიაპაზონი | 10 000 |
| მაჩვენებლების სტაბილურობა | კარგი |
| გადამტანი გაზი | ჰელიუმი, წყალბადი, აზოტი |
| მაქსიმალური სამუშაო ტემპერატურა | 450°C. |

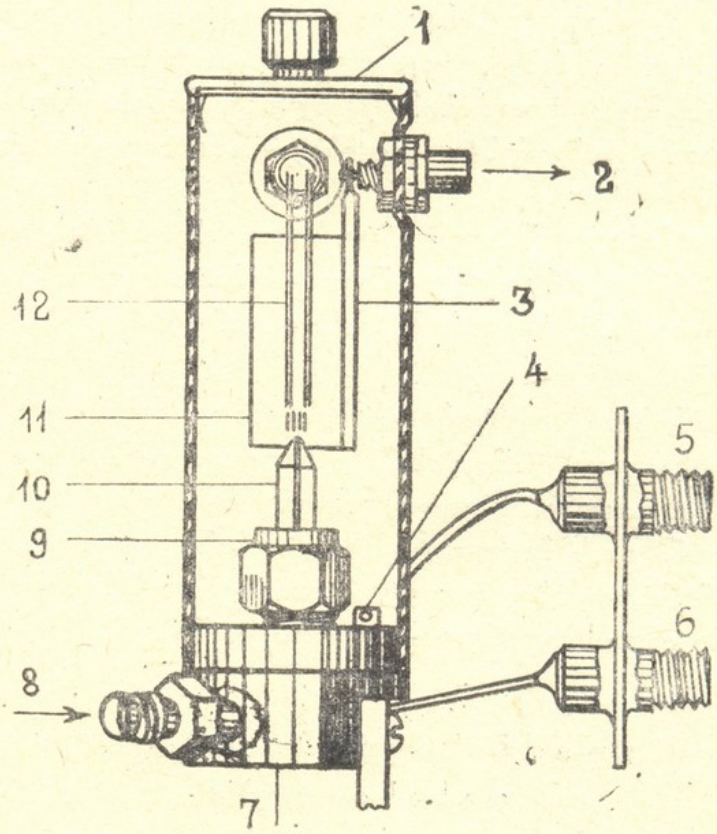
**დასკვნა:** დეტექტორი არ შლის სინჯს, სტაბილურია, საშუალო მგრძნობიარობის, იაფი, მარტივი. მოითხოვს ტემპერატურისა და გადამტანი გაზის ნაკადის სიჩქარის კარგ რეგულირებას.

ბ) იონიზაციური დეტექტორები. იონიზაციული დეტექტორების მუშაობის პრინციპი ემყარება იმას, რომ გაზის ელექტროგამტარობა პირდაპირ პროპორციულია მასში დამუხტული ნაწილაკების კონცენტრაციისა.

სვეტიდან გამოსული გაზის ნაკადი მიედინება იონიზაციის წყაროს გვერდით ელექტროდებს შორის. იონიზაციის წყარო იწვევს გაზურ ნაკადში მოლეკულების ერთი ნაწილის იონიზაციას. ელექტროდებ-

შორის სივრცეში დამუხტული ნაწილაკების (დადებითი იონები, უარყოფილი იონები, ელექტრონები) არსებობა იწვევს I დენს, რომელიც მიემართება ამ სივრცესა და $R_2$ გამზომ წინააღმდეგობაზე გავლით. რეზულტირებული დაძაბულობა $E_0$ $R_2$ უბანზე ძლიერდება ელექტრომეტრის მეშვეობით და გადაეცემა თვითმწერს.

როცა ელექტროდებშორის სივრცეში მიედინება სუფთა გადამტანი გაზი, დამუხტული ნაწილაკების კონცენტრაცია, და შესაბამისად, დენის სიდიდე იქნება უცვლელი. ეს დენი „ფონურ დენად" იწოდება. შესაძლებელი რომ იყოს დენის უმცირესი ცვლილებების გაზომვა, ფონური დენი მინიმუმამდე უნდა იქნას დაყვანილი. ეს ხორციელდება „კომპენსაციური დაძაბულობის" წყაროდან გამოსული იმავე სი-




სურ. 25. აალებად-იონიზაციური დეტექტორი: 1—ცილინდრული სახურავი; 2—ელექტრომეტრთან შეერთება; 3—დადებითი ელექტროდი (ცილინდრი); 4—ჰაერის მისაწოდებელი საქშენი; 5—წყალბადი; 6—ჰაერი ან ჟანგბადი; 7-დეტექტორის ძირი; 8—ქრომატოგრაფიულ სვეტთან შეერთება; 9—სამაგრი ქანჩი; 10—კვარცის საცმი; 11—აალებადი სპირალი; 12—უარყოფითი ელექტროდი.

დიდის საწინააღმდეგოდ მიმართული დენის მეშვეობით. ამგვარი კომპენსაციის დროს, როცა მხოლოდ სუფთა გადამტანი გაზის ნაკადი მოედინება, დენი არ არის და სიგნალის არარსებობის გამო თვითმწერი აღრიცხავს სწორ ნულოვან ხაზს.

როგორც კი გაზის ნაკადში კომპონენტი გამოჩნდება, ელექტროდებშორის სივრცეში მოხვედრისთანავე მისი მოლეკულები იონიზირდება. ამის გამო დამუხტული ნაწილაკების რაოდენობა იზრდება და $R_1$ წინააღმდეგობა ეცემა, ეს კი იწვევს დენის წარმოშობას და სიგნალის აღძვრას, რაც თვითმწერის მიერ დიაგრამის ქაღალდზე პიკის სახით რეგისტრირდება.

აალებად-იონიზაციურ დეტექტორში სვეტიდან გამოსული გაზი ვრცელდება წყალბადს და იწვის ჰაერის ან ჟანგბადის არეში. ალში წარმოქმნილი იონები და ელექტრონები ხვდებიან ელექტროდებშორისო სივრცეში და ამცირებენ მის წინააღმდეგობას, რის შედეგად გარე წრედში დენი აღიძვრება.

ორგანული ნივთიერების დაწვისას წარმოქმნილი იონური დენის გავლის დროს მუდმივი დენის გამაძლიერებლის შესასვლელ წინააღმდეგობაზე იცვლება ძაბვა, რაც რეგისტრირდება ავტომატური პოტენციომეტრის მიერ დიაგრამის ქაღალდზე შესაბამისი პიკის სახით.

25-ე სურათზე ნაჩვენებია: აალებად-იონიზაციური დეტექტორის სქემა და კონსტრუქცია.

აალებად-იონიზაციური დეტექტორისათვის დამახასიათებელია მაღალმგრძნობიარობა ორგანულ ნივთიერებათა ორთქლის მიმართ; ამავე დროს იგი არ რეაგირებს არაორგანულ აირებსა და წყლის ორთქლზე.

მაღალმგრძნობიარე დეტექტორების გამოყენების აუცილებელ პირობად ითვლება გადამტანი გაზის სისუფთავე და ძრავი თხევადი ფაზის არააქროლადობა. მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტთა ნაზავის მაღალ ტემპერატურაზე გაყოფისას კონდენსაციის თავიდან ასაცილებლად დეტექტორი უნდა მოთავსდეს სვეტების თერმოსტატში ანდა სპეციალურ თერმოსტატში.

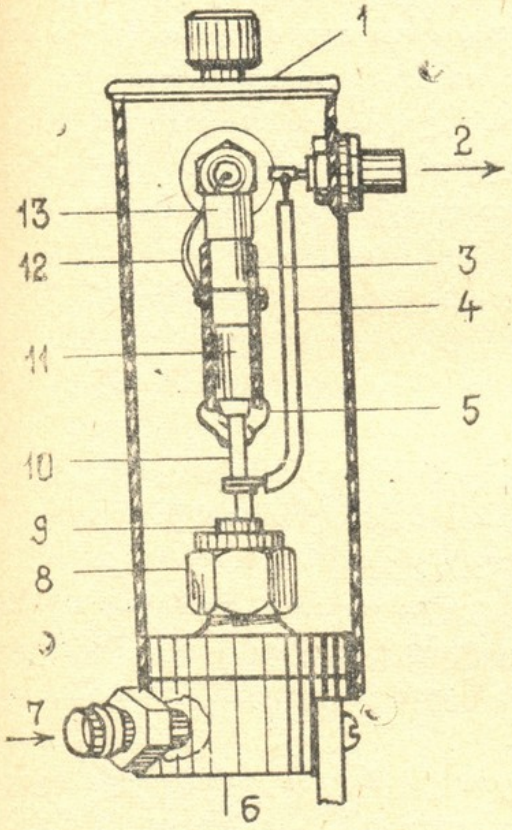
## აალებად-იონიზაციური დეტექტორის დახასიათება

| | |
|---|---|
| მინიმალური დეტექტირებული რაოდენობა | $1 \cdot 10^{-12}$-დან $10 \cdot 10^{-12}$ გ/წმ-მდე |
| მგრძნობიარობა | მგრძნობიარეა ორგანულ ნაერთთა მიმართ და არამგრძნობიარეა მუდმივი გაზებისა და წყლის მიმართ |
| წრფივი დიაპაზონი | $10^6 - 10^7$ |

| | |
|---|---|
| მაჩვენებლების სტაბილურობა | საშუალო (შედარებით არამგრძნობიარეა გაზის სიჩქარისა და ტემპერატურის ცვლილებების მიმართ) |
| მაქსიმალური სამუშაო ტემპერატურა | 400°C |
| გადამტანი გაზი | აზოტი ან ჰელიუმი |

ეროვნული ბიბლიოთეკა

დ ა ს კ ვ ნ ა: დეტექტორი საშუალო ღირებულებისაა (სჭირდება $H_2$ და ჰაერის ნაკადის რეგულატორები), იგი ხასიათდება საშუალო სტაბილურობით და მაღალი წრფიობრიობით, შლის საანალიზო სინჯს.




სურ. 26. ელექტრონების წარტაცების დეტექტორი: 1—ცილინდრული სახურავი; 2—ელექტრომეტრთან შეერთება; 3—6 მმ დიამეტრის კოვარის მილი; 4 — ანოდი; 5 — მინის იზოლატორი; 6 — დეტექტორის ძირი; 7—ქრომატოგრაფიულ სვეტთან შეერთება; 8—სამაგრი ქანჩი; 9 — ტეფლონის ცობოლა დეტექტორის ძირში; 10—1,5 მმ დიამეტრის კოვარის მილი; 11—ტრიტიუმის კილიტა (კათოდი); 13—ტეფლონის მაყუჩი დეტექტორის გამოსასვლელში.

გ) ელ ე ქ ტ რ ო ნ ე ბ ი ს წ ა რ ტ ა ც ე ბ ი ს დ ე ტ ე ქ ტ ო რ ი (სურ. 26) ზომავს დენის არა მატებას, არამედ შემცირებას. დეტექტორში აზოტის ნაკადის გავლისას ხდება აზოტის მოლეკულების იონიზაცია ტრიტიუმის წყაროს ზემოქმედებით, აღნიშნულის შედეგად წარმოიქმნება ნელი ელექტრონები.

მუდმივი ძაბვის (ე. წ. უჯრედის ძაბვის) ზემოქმედებით ნელი ელექტრონები გადაადგილდებიან ანოდისაკენ. წარმოიქმნება მუდმივი დენი, რომელიც ძლიერდება ელექტრომეტრულ გამაძლიერებელში. უკეთუ საანალიზო სინჯი შეიცავს ნივთიერებას, რომელსაც ძალუძს წარიტაცოს ელექტრონები, ხდება დენის შემცირება, რაც ნივთიერების რაოდენობის გამომხატველია.

ელექტრონების წარტაცების დეტექტორი მეტად მგრძნობიარეა ისეთი ნაერთების მიმართ, როგორიცაა ალკილჰალოგენიდები, შეუღლებული კარბონილები, ნიტრილები, ნიტრატები და მეტალორგანული ნაერთები, მაგრამ იგი არამგრძნობიარეა ნახშირწყალბადების, სპირტების, კეტონების და სხვა ნაერთთა მიმართ.

ჰალოგენშემცველი ნაერთების მიმართ სელექტური მგრძნობიარობის წყალობით ელექტრონების წარტაცების დეტექტორი წარმატებით გამოიყენება პესტიციდების ანალიზის დროს. ზოგიერთი პესტიციდი შეიძლება განისაზღვროს სუბპიკოგრამული რაოდენობებითაც კი ($10^{-13}$ გ).

ეროვნული ბიბლიოთეკა

დ) ჰ ე ლ ი უ მ ი ს დ ე ტ ე ქ ტ ო რ ი გამიზნულია მუდმივი გაზების უმცირესი რაოდენობების განსაზღვრისათვის.

ე) ფ ო ს ფ ო რ უ ლ ი ა ნ უ თ ე რ მ ო ი ო ნ უ რ ი დ ე ტ ე ქ ტ ო რ ი შექმნილია „Varian Aerograph"-ის ფირმის თანამშრომელთა მიერ და გამოიყენება ფოსფორორგანული პესტიციდების განსაზღვრისათვის. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ იგი არ გამოირჩევა აბსოლუტური სელექტური მგრძნობიარობით ფოსფორორგანული ნაერთების მიმართ. ცდის პარამეტრების (წყალბადის ნაკადის სიჩქარის, დეტექტორის კონსტრუქციის) ცვლილებების შემთხვევაში დეტექტორი შეიძლება სელექტურად მგრძნობიარე იყოს აგრეთვე ჰალოგენ-და აზოტშემცველი ნაერთების მიმართ.

ვ) ი ო ნ ი ზ ა ც ი ი ს კ ვ ე თ ი ს დ ე ტ ე ქ ტ ო რ ი შექმნილია 1957 წელს „Shell Developmet Companys"-ის მიერ. იგი ძირითადად გამოიყენება გაზების დიდი მოცულობების ანალიზის დროს.

ზ) ს ი მ კ ვ რ ი ვ ი ს დ ე ტ ე ქ ტ ო რ ი. სიმკვრივის დეტექტორი შემუშავებულ იქნა ა. მარტინის [106] მიერ. იგი წარმოადგენდა ერთ-ერთ პირველ ქრომატოგრაფიულ დეტექტორს.

სიმკვრივის დეტექტორის კონსტრუქცია ისეთია, რომ საანალიზო სინჯი არ ეხება მგრძნობიარე ელემენტებს, ამიტომ იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნას კოროზიის გამომწვევი ნაერთების ანალიზისათვის.

უკეთუ შესადარებელ გაზს (სუფთა გადამტანი გაზი) აქვს იგივე სიმკვრივე, როგორიც სვეტიდან გამომავალ გაზს, გაზური ნაკადები წონასწორულ მდგომარეობაში იმყოფებიან და სიგნალი არ აღიძვრება. სვეტიდან გამომავალი გაზის ნაკადში კომპონენტის არსებობა იწვევს სიმკვრივეებს შორის განსხვავებას, რაც სიგნალის აღძვრის საწყისია.

ზემოაღნიშნული დეტექტორების გარდა საანალიზო პრაქტიკაში თანდათან ვრცელდება დეტექტორების ისეთი სახეები, როგორიცაა მიკროკულონომეტრული, ორალოვანი, თერმოიონური, აალებად-ფოტომეტრული და თბოგამტარობის ისეთი დეტექტორი, რომელიც გამოირჩევა მაღალი მგრძნობელობითა და სელექტურობით. ეს დეტექტორები სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ჰალოგენ-, გოგირდ-, ფოსფორ- და აზოტშემცველი ნაერთების ანალიზისათვის იმ შემთხვე-

ვაშიც, როცა ისინი მცირე კონცენტრაციებით არიან საანალიზო ნაზავებში.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

თ) ულტრაბგერითი დეტექტორი ზომავს გაზის ნაკადში ბგერის სიჩქარის ცვლილებებს, რაც გაზის შემადგენლობის ცვალებადობითაა გამოწვეული. ბგერის სიჩქარე სხვადასხვა გაზში სხვადასხვაა. ნაზავის ერთ-ერთი კომპონენტის კონცენტრაციის ცვლილებასთან ერთად ბგერის სიჩქარე გაზის ნაკადში სწორხაზობრივად იცვლება.

## ლაბორატორიული ქრომატოგრაფები

გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის დახვეწა და სრულყოფა შესაძლებელი გახდა, უპირველეს ყოვლისა, თანამედროვე და სრულყოფილი ქრომატოგრაფიული აპარატურის შექმნის შედეგად. შეიძლება ითქვას პირუკუც, გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის მეთოდის საანალიზო პრაქტიკაში ფართოდ დანერგვის აუცილებლობამ განაპირობა დახვეწილი და ზუსტი ქრომატოგრაფიული აპარატების შექმნა.

ლაბორატორიული ქრომატოგრაფების საწარმოო გამოშვება დაიწყეს 1955 წელს ამერიკულმა ფირმებმა. საბჭოთა კავშირში ქრომატოგრაფების წარმოება დაწყებულ იქნა 1958 წელს XT—2 ქრომატოგრაფის გამოშვებით. ამჟამად სამრეწველო საწარმოებსა და კვლევითს ლაბორატორიებში გამოიყენება სამამულო წარმოების 20-ზე მეტი ტიპის ლაბორატორიული ქრომატოგრაფი და ცნობილი საზღვარგარეთული ფირმების მიერ გამოშვებული ქრომატოგრაფები.

გაზურ ქრომატოგრაფებს უშვებს ევროპისა და ამერიკის ქვეყნები: (გფრ, ინგლისი, საფრანგეთი, ჩეხოსლოვაკიის სოციალისტური რესპუბლიკა, აშშ და სხვა), რომელთაგან ზოგიერთს წარმატებით იყენებენ საბჭოთა კვლევითს დაწესებულებებში.

მე-4 და მე-5 ცხრილებზე წარმოდგენილია ზოგიერთი საბჭოური და საზღვარგარეთული ქრომატოგრაფიული აპარატის ძირითადი მახასიათებლები.

ბოლო წლების განმავლობაში განსაკუთრებული ყურადღება მიექცა ისეთი ქრომატოგრაფების წარმოებას, რომლებიც მუშაობენ დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმით. ეს ზრდის საანალიზო კომპონენტების გაყოფის ხარისხს, ამცირებს ანალიზის დროს და საშუალებას იძლევა მოცემული ამოცანის მიხედვით ფართო დიაპაზონით ვარეგულიროთ აპარატის სამუშაო პირობები.

ცხრილი 4
ეროვნული
ბიბლიოთეკა

ზოგიერთი სამამულო ქრომატოგრაფის დახასიათება

| ქრომატოგრაფის მოდელი | დამამზადებელი | დეტექტორის ტიპი | დეტექტორის მაჩვენებელი % | სვეტის ტემპერატურათა ინტერვალი, °C, თერმოსტატირების სტაბილურობა გრადუსებით | სვეტის თერმოსტატირების რეჟიმი, პროგრამირების სიჩქარე გრადუს/წთ. | ნიმუშის შესაყვანი საშუალებები | გაზური სქემის ტიპი |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| УХ-2 | გაზური ანალიზატორების ქარხანა ქ. ვირუ, ესტონეთის სსრ | კატარომეტრი აიდ | $2 \cdot 10^{-3}$ $1 \cdot 10^{-4}$ | 40—270; ±0,5 | იზოთერმული | ორი ამაორთქლებელი | ორსვეტიანი |
| ЛХМ-7А | ქარხანა „მოსნეფტეკიპი“ | კატარომეტრი აიდ | $2 \cdot 10^{-3}$ $2\ 10^{-5}$ | 50—300; ±0;5 | დაპროგრამებული 0,5-დან 15-მდე | გაზური ონკანი, ორი ამაორთქლებელი | ერთსვეტიანი |
| ЛХМ-8МД | ქარხანა „მოსნეფტეკიპი“ | კატარომეტრი აიდ | $5 \cdot 10^{-3}$ $5 \cdot 10^{-6}$ | 35—800; ±02 | დაპროგრამებული 25-მდე | გაზური ონკანი, ორი ამაორთქლებელი | ორსვეტიანი |
| Цвет-1 | ავტომატიკის საცდელ-საკონსტრუქტორო ბიუროს ძერჟინსკის ფილიალი | კატარომეტრი აიდ | $1 \cdot 10^{-2}$ $1 \cdot 10^{-4}$ | 50—300; ±05 | იზოთერმული | გაზური ონკანი, ამაორთქლებელი | ერთსვეტიანი |
| Цвет-2 | „ | აიდ ორმაგი | $5\ 10^{-6}$ | 50—400; ±02 | დაპროგრამებული 1-დან 40-მდე | გაზური ონკანი, ორი ამაორთქლებელი | ორსვეტიანი |

ცხრილი 4 (გაგრძელება)

ეროვნული ბიბლიოთეკა

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Цвет-3 | ავტომატიკის საცდელ - საკონსტრუქტორო ბიუროს ძერჟინსკის ფილიალი | კატარომეტრი აიდ | $1.10^{-3}$<br>$5\ 10^{-6}$ | 50 – 400; ± 0,2 | დაპროგრამებული 1-დან 8-მდე | გაზური ონკანი, ორი ამაორთქლებელი | ორსვეტიანი |
| Цвет-4 | ,, | კატარომეტრი აიდ | $5\ 10^{-3}$<br>$2\ 10^{-5}$ | 50—300; ± 0,2 | იზოთერმული | გაზური ონკანი, ორი ამაორთქლებელი | ორსვეტიანი |
| Цвет-6 | ,, | კატარომეტრი აიდ<br>ორმაგი ეწდ აიდ<br>სიმკვრივის მხომი | $1.10^{-3}$<br>$5\ 10^{-6}$<br>$1\ 10^{-7}$<br>$1.10^{-6}$<br>$1\ 10^{-2}$ | 50—400; ± 0,2 | დაპროგრამებული 1-დან 20-მდე | გაზური ონკანი, ორი ამაორთქლებელი, მიკროპიპეტი | მრავალსვეტიანი |

აიდ — აალებად-იონიზაციური დეტექტორი,
ეწდ — ელექტრონების წარტაცების დეტექტორი,
თიდ — თერმოიონური დეტექტორი.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## საბჭოური წარმოების „Цвет“ ტიპის გაუმჯობესებული ქრომატოგრაფები

1964 წლიდან საბჭოური წარმოება სერიულად უშვებს ქრომატოგრაფიის ფუძემდებლის მ. ს. ცვეტის სახელობის ქრომატოგრაფიულ აპარატებს.

„Цвет — 4“ გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფის წარმოება 1972 წელს იქნა დაწყებული. იგი გამიზნულია 300 — 350°C-მდე დუღილის ტემპერატურის მქონე სხვადასხვა კომპონენტთა ნაზავის ქრომატოგრაფირებისათვის იზოთერმული რეჟიმის პირობებში.

ქრომატოგრაფიული დანადგარი შედგება სამი ბლოკისაგან: 1. თერმოსტატი; 2. მართვის ბლოკი და 3. ЭПП — 09 МЗ მარკის ავტომატური ელექტრონული პოტენციომეტრი 10 mв შკალით.

„Цвет — 3“ ქრომატოგრაფის საშუალებით შესაძლებელია ჩატარდეს რთული ნაზავების გაყოფა როგორც იზოთერმული, ისე დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში.

ცხრილი 5

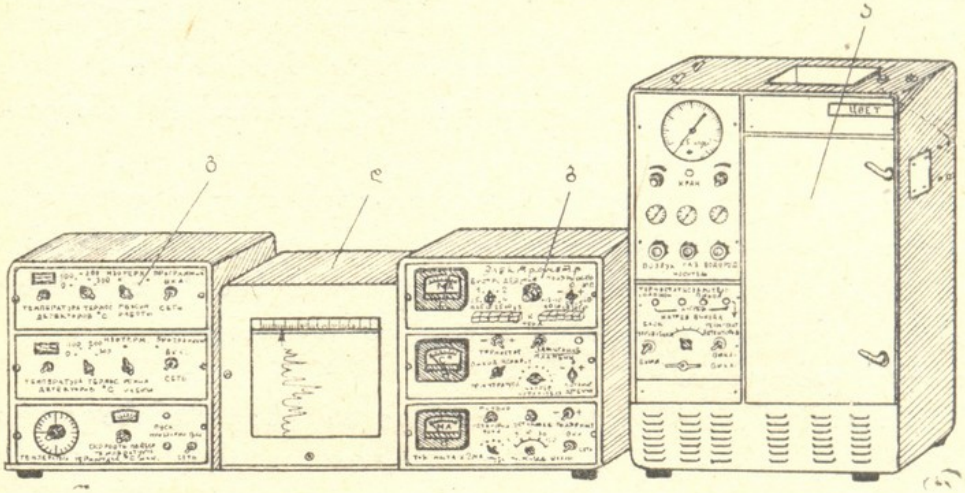
**ზოგიერთი საზღვარგარეთული ქრომატოგრაფის დახასიათება**

| ქრომატოგრაფის ტიპი | ფირმა, ქვეყანა | დეტექტორის ტიპი | ცვეტის ტემპერატურა-ია ინტერვალი °C, თერმოსტატირების სტაბილურობა გრადუსობით | ცვეტის თერმოსტატირების რეჟიმი |
|---|---|---|---|---|
| მოდელი 452 | Perk in—Elmer აშშ | კატარომეტრი, აიდ, არგონის, ეწდ | 40—225; ±0,05 | იზოთერმული |
| მოდელი 900 | Perk in—Elmer აშშ | კატარომეტრი, ორმაგი აიდ, ეწდ, თიდ | 65—400; ±0,05 | დაპროგრამებული |
| სერია 104, მოდელი 104 | Pye—Uinicam ინ ლისი | ორმაგი აიდ | 50—450; ±0, 05 | დაპროგრამებული |
| მოდელი R | Pye Unikam ინგლისი | ორმაგი აიდ, კატარომეტრი, ეწდ, თიდ | 50—400; ±0,05 | დაპროგრამებული |
| Fractovap GT – 200 | Carlo—Erba იტალია | ორმაგი აიდ კატარომეტრი, ეწდ, თიდ | 50—450 | დაპროგრამებული |
| მოდელი F—6 | Hitachi იაპონია | აიდ, კატარომეტრი | 60—400 | დაპროგრამებული |
| მოდელი G—8 | Janaco იაპონია | ეწდ, არგონის, რადიოდეტექტორი | 40—440; ±0,1 | დაპროგრამებული |

აიდ — აალებად-იონიზაციური დეტექტორი
ეწდ — ელექტრონების წარტაცების დეტექტორი
თიდ — თერმოიონური დეტექტორი

ქრომატოგრაფიული აპარატის (სურ. 27) კომპლექტი შედგება:

1. ქრომატოგრაფიული სვეტების თერმოსტატისაგან;
2. დეტექტორის მუშაობის სამართავი ბლოკების ჯგუფისაგან;
3. სამუშაო ტემპერატურის მართვის ბლოკების ჯგუფისაგან;
4. 10 MB სტანდარტული შკალისა და 2 MB დამატებითი შკალის მქონე ЭПП — 09 МЗ მარკის ავტომატური ელექტრონული პოტენციომეტრისაგან.




სურ. 27. „Цвет-3“ ქრომატოგრაფი. ა—თერმოსტატი; ბ-დეტექტორის მართვის ბლოკთა ჯგუფი; გ — ტემპერატურის რეგულირების ბლოკთა ჯგუფი; დ—თვითმწერი პოტენციომეტრი.

სამუშაო ტემპერატურის სამართავი ბლოკების ჯგუფი შედგება კატარომეტრის თერმორეგულატორის, სვეტების თერმორეგულატორისა და პროგრამატორისაგან.

კატარომეტრის თერმოსტატის სამუშაო ტემპერატურათა დიაპაზონი 100 — 300°C-ის ფარგლებშია.

სვეტების თერმოსტატი კონსტრუქციულად გაერთიანებულია კატარომეტრის თერმოსტატთან, დეტექტორებთან და დოზატორებთან.

„Цвет — 2“ ქრომატოგრაფზე შესაძლებელია განხორციელდეს 400 — 500°C-მდე დუღილის ტემპერატურის მქონე ნივთიერებათა ნაზავების გაყოფა როგორც იზოთერმული, ისე დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში.

გაზური სქემით, ნიმუშების შეტანის, აალებად-იონიზაციური დეტექტირების, სვეტების ტემპერატურის რეგულირების სისტემებით და შესაბამისი ტექნიკური მახასიათებლებით „Цвет — 2“ ანალოგიურია „Цвет — 3“-ისა. განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ „Цвет — 2“-ს აქვს მცირე მოცულობის მცირეინერციული თერმოსტატი სპირალური სვეტებისათვის, რაც საშუალებას იძლევა ვიმუშა-

ოთ ტემპერატურის დაპროგრამების უფრო მაღალი (40 გრად/წთ-მდე) სიჩქარეების პირობებში.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

### „Цвет — 6“, „Цвет — 5“ და „Цвет — 6А“ ქრომატოგრაფები

**„Цвет — 6“** გაზური ქრომატოგრაფი ფართო შესაძლებლობების უნივერსალურ-ლაბორატორიული ქრომატოგრაფია. იგი აღჭურვილია ფოლადის, ფტოროპლასტისა და მინისაგან დამზადებული ქრომატოგრაფიული სვეტებით, სამი ტიპის დოზირების მოწყობილობით, ხუთი ტიპის დეტექტორით, რომელთაგან ორი ნებისმიერი დეტექტორთაგანი შეიძლება ერთდროულად და ამავე დროს, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად ვამუშაოთ.

ქრომატოგრაფის კომპლექტში შედის აგრეთვე სპეციალური მოწყობილობა, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება მძიმე შენარევების დაგროვება, მაღალმოლეკულური ნაერთების პიროლიზის პროდუქტების ანალიზი, დასაყოფი ნაზავების კომპონენტთა მცირე რაოდენობების გამოყოფა.

ქრომატოგრაფი აღჭურვილია ორმაგი აალებად-იონიზაციური დეტექტორით, კატარომეტრით, სიმკვრივისმზომით, ელექტრონების წარტაცების დეტექტორით და თერმოიონური დეტექტორით.

ერთდროულად ორ იონიზაციურ დეტექტორზე მუშაობისათვის ქრომატოგრაფს აქვს ორი ერთნაირი, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი სისტემა დეტექტორის იონური დენის გასაზომად.

ორივე დეტექტორის სიგნალების ჩაწერა ხორციელდება ЭПП—09 მარკის (10 და 2 MB-იანი შკალების მქონე) ორი ავტომატური პოტენციომეტრის მეშვეობით.

„Цвет — 6“ ქრომატოგრაფს აქვს ორი გამარტივებული ვარიანტი: „Цвет — 5“ და „Цвет — 6А“, რომლებიც ძირითადი მოდელისაგან განსხვავდებიან დეტექტორებით და შესაბამისად, შეზღუდული ანალიზური შესაძლებლობებით.

„Цвет — 5“ ქრომატოგრაფი აღჭურვილია მხოლოდ იონიზაციური დეტექტორებით (დიფერენციალური აალებად-იონიზაციური, ელექტრონების წარტაცებისა და თერმოიონური), „Цвет — 6“-ისაგან განსხვავებით მას არ გააჩნია დამატებითი ანალიზური მოწყობილობა (მისადგმელი), თუმცა აქვს ორარხიანი სისტემა დეტექტორების სიგნალების რეგისტრაციისათვის.

**„Цвет — 6А“** ქრომატოგრაფი შეიცავს დიფერენციალურ აალებად-იონიზაციურ და ელექტრონების წარტაცების დეტექტორებს, აგრეთვე, კატარომეტრს. ქრომატოგრაფს გააჩნია იონიზაციური დეტექტორების სიგნალების სარეგისტრაციო მხოლოდ ერთი არხი. ქრომატოგრაფს არ აქვს დამატებითი მოწყობილობა.

„Цвет — 6А“ ქრომატოგრაფის ანალიზური შესაძლებლობანი ტიპიურია ამჟამად საზღვარგარეთ მოქმედი უნივერსალური გაზური ქრომატოგრაფებისათვის.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

### „Цвет — 100“ სერიის ქრომატოგრაფები

1972 წლიდან საბჭოთა კავშირში დაწყებულია „Цвет — 100“ სერიის სახელწოდებით გაერთიანებული სხვადასხვა მოდელის ლაბორატორიული ქროოატოგრაფების ფართო წარმოება.

უნდა აღინიშნოს, რომ „Цвет — 100“ სერიის ქრომატოგრაფების ყველა ბლოკი და კვანძი (თერმოსტატები, გაზური ბლოკები, ელექტრონული ბლოკები, დეტექტორები) უნიფიცირებულია, არც ერთი მათგანი არ მოითხოვს დამატებით აწყობას ან გამართვას ამა თუ იმ მოდელის ქრომატოგრაფში ჩართვისას.

უნიფიცირებული სისტემა შესაძლებლობას იძლევა გამოშვებულ იქნას ქრომატოგრაფები არა მარტო კომპლექტური მოდელების სახით, არამედ ცალკეული ბლოკებისა ანდა მათი ერთობლიობის სახით. ცალკეული ბლოკები შეიძლება დამატებული იყოს ადრე შეძენილი მოდელის ქრომატოგრაფზე, რაც გაზრდის ქრომატოგრაფის ანალიზურ შესაძლებლობებს. ეს მეტად მოსახერხებელია მუშაობაში, რადგან საშუალებას იძლევა შევცვალოთ ცალკეული, მოძველებული ან წყობილებიდან გამოსული ბლოკები. გარდა ამისა, სისტემის შემადგენლობაში შემდგომში შეიძლება ჩაერთოს ახალი ბლოკები და კვანძები, რომელთაც სხვაგვარი ფუნქციონალური დანიშნულება და ანალიზური შესაძლებლობანი გააჩნიათ.

„Цвет — 100“ სერიის თითოეულ მოდელში შედის აალებად-იონიზაციური დეტექტორი, რომელიც დაყენებულია სვეტების თერმოსტატზე. მოდელები გამოირჩევა სხვა დეტექტორებითა და ქრომატოგრაფიული სვეტების სამუშაო ტემპერატურული რეჟიმით. 101 — 110 მოდელები განსაზღვრულია როგორც იზოთერმული, ისე დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმებით მუშაობისათვის.

„Цвет — 100“ უნიფიცირებულ სერიაში არის მოდელები, რომლებიც ადრე გამოშვებული ქრომატოგრაფების ახალი ანალოგებია. მაგალითად, „Цвет — 2“-ის ანალოგია — 101 მოდელი, „Цвет — 3“-ისა — 102, „Цвет — 4“-ისა — 114, „Цвет — 6“-ისა—104, „Цвет— 5“-ისა — 106, „Цвет — 6“-ისა — 110 მოდელი.

## 2. ქრომატოგრაფიული ანალიზის ძირითადი ეტაპები

საკვლევ ნაერთთა გაზურ-ქრომატოგრაფიული ანალიზი შემდეგი ძირითადი ეტაპებ საგან შედგება.

**1. ქრომატოგრ ფის სამუშაოდ მომზადება.** ეს ეტაპი გულისხმობს

ისეთი წინასწარი ოპერაციების ჩატარებას, როგორიცაა: უძრავი თხევადი ფაზით მყარი გადამტანი ფაზის ზედაპირის დაფარვა, სვეტის დატვირთვა ანდა კაპილარული სვეტის შიგა ზედაპირის უძრავი ფაზით დაფარვა და სხვ.

**2. საანალიზო ნიმუშის მომზადება,** რაც გულისხმობს აქროლად კომპონენტთა გამოხდას, ექსტრაქციას, რთული ნაზავის მარტივ შემადგენელ ფრაქციებად დაყოფას, არააქროლად ნივთიერებათა აქროლად ფორმებში გადაყვანას და ა. შ.

**3. საანალიზო ნიმუშის ქრომატოგრაფში შეტანა.**

**4. საანალიზო ნაზავის ქრომატოგრაფიულ სვეტზე დაყოფა.**

**5. მიღებული ქრომატოგრამების თვისებრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების გაშიფვრა.**

ზემოჩამოთვლილი ეტაპებიდან თითოეული მათგანის შესრულება დიდ ყურადღებასა და სიზუსტეს მოითხოვს, რაზედაც მნიშვნელოვანწილად არის დამოკიდებული ქრომატოგრაფიული ანალიზის შედეგების სისწორე და სიზუსტე.

განვიხილოთ გაზურ-ქრომატოგრაფიული ანალიზის ძირითადი ეტაპები უფრო ვრცლად და დაწვრილებით:

## ა) ქრომატოგრაფის სამუშაოდ მომზადება

### უძრავი თხევადი ფაზა და მისი შერჩევა

გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის მეთოდის წარმატებით გამოყენების საქმეში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება უძრავი თხევადი ფაზის შერჩევას, ვინაიდან სწორედ ის განსაზღვრავს საკვლევ კომპონენტთა ორთქლის გაყოფის შესაძლებლობას.

ძირითადი მოთხოვნილება, რაც წაყენებულია უძრავი თხევადი ფაზისადმი არის ის, რომ ქიმიურად აბსოლუტურად ინერტული უნდა იყოს როგორც საანალიზო ნარევის კომპონენტების, ისე მყარი გადამტანი ფაზის მიმართ, უნდა ახასიათებდეს მაღალი სელექტურობა, მცირე სიბლანტე, უმნიშვნელო აქროლადობა, უნდა იყოს თერმულად საკმაოდ მყარი და მტკიცედ ჩერდებოდეს მყარი გადამტანი ფაზის ზედაპირზე.

უძრავ ფაზებად გამოყენებული თხევადი მასალების ასორტიმენტი საკმაოდ ფართოა. პრაქტიკულად მეტად ძნელია მოიძებნოს ისეთი ნივთიერება, რომელიც დააკმაყოფილებდა ყველა ზემოჩამოთვლილ მოთხოვნას და გამოდგებოდა ყველა ორგანული ნაერთის ანალიზისათვის. სწორედ ამ გარემოებამ განაპირობა უძრავი ფაზების ფართო ასორტიმენტი.

უძრავი ფაზის უპირველესი მოთხოვნილებაა მცირედ აქროლადო-

ბის უნარიანობა სვეტის სამუშაო ტემპერატურის პირობებში. თუკი უძრავი ფაზა სამუშაო ტემპერატურის პირობებში ქროლდება, ამცირებს ხინჯებს ანალიზის შედეგებს, აბინძურებს ფრაქციებად შეკრებილ კომპონენტებს და ამგვარად, ანალიზის მცდარ მონაცემებთან გვაქვს საქმე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

უძრავი ფაზის შერჩევის დროს რამდენიმე მნიშვნელოვან გარემოებას ექცევა ყურადღება.

უპირველეს ყოვლისა, უძრავი ფაზის შერჩევა დამოკიდებულია საკვლევი ნაზავის შემადგენელ კომპონენტების ქიმიურ შედგენილობასა და იმ ტემპერატურაზე, რომელზედაც ტარდება ანალიზი.

უძრავი თხევადი ფაზა სვეტის სამუშაო ტემპერატურის პირობებში მცირე სიბლანტის მქონე უნდა იყოს, წინააღმდეგ შემთხვევაში სვეტის ეფექტურობა მცირდება, ვინაიდან უძრავ და მოძრავ ფაზებს შორის წონასწორობის დამყარებისათვის საჭირო დრო იზრდება.

მარტივი შედგენილობის ნაზავი, რომელიც შედგება მკვეთრად განსხვავებული დუღილის ტემპერატურის კომპონენტებისაგან, შეიძლება ნებისმიერ უძრავ ფაზაზე დავყოთ, მაშინ, როცა ერთი და იგივე სიგრძის ჯაჭვის მქონე ნაჯერი და უჯერი ნაერთების გასაყოფად გამოყენებულია ძლიერი პოლარული თვისებების მქონე უძრავი თხევადი ფაზები.

უძრავი ფაზის შერჩევისას (როცა საქმე გვაქვს უცნობი შემადგენლობის საანალიზო ნაზავთან) უმჯობესია ჩავატაროთ ამ ნაზავის წინასწარი გაყოფა როგორც არაპოლარულ უძრავ ფაზაზე (მაგალითად, სკვალანი, აპიეზონი), ისე ძლიერ პოლარულ უძრავ ფაზაზე (მაგალითად, პოლიეთილენგლიკოლი).

ძლიერ პოლარული უძრავი ფაზების გამოყენებას ზოგიერთი უპირატესობა გააჩნია. მათი მეშვეობით შესაძლებელია:

ა) გაიყოს სხვადასხვა ორგანული კლასის ნაერთთა შემცველი რთული ნაზავი;

ბ) მკვეთრად და ნათლად გაიყოს ერთი და იგივე სიგრძის ჯაჭვის მქონე უჯერი და ნაჯერი ნაერთების (მაგალითად, ცხიმოვანი მჟავების) პიკები;

გ) შემცირდეს ნივთიერებათა დაკავების დრო და დაყოფა ჩატარდეს შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე;

დ) შემცირდეს ნაკლებად მდგრადი შენაერთების დაშლისა ან პოლიმერიზაციის შესაძლებლობა.

ზემოაღნიშულთან ერთად, მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის გარემოებაც, რომ ზოგჯერ ძლიერ პოლარული უძრავი ფაზების გამოყენება არ არის მიზანშეწონილი. ეს იმ შემთხვევაში ხდება, როცა პოლარულ უძრავ ფაზაზე უჯერი ნაერთები იმდენხანს ჩერდება, რომ

მათი შეკავების დრო მიუახლოვდება მათი მომდევნო ნაჯერი ნაერთების შეკავების დროს, რაც გამოიწვევს პიკების ერთმანეთზე დამთხვევას.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება უძრავი თხევადი ფაზის რაოდენობის შერჩევას მყარი გადამტანი ფაზის მასასთან შეფარდებით. საზოგადოდ, მისი რაოდენობა ფართო ზღვრებში მერყეობს (საშუალოდ 5-დან 40%-მდე გადამტანის მასასთან შეფარდებით). ოპტიმუმის შერჩევა დამოკიდებულია კომბინაციაზე — გახსნილი ნივთიერება — გამხსნელი, აგრეთვე ზოგიერთ სხვა ფაქტორზე. მაგალითად, როცა აუცილებელია ელუირებულ ნაერთთა ფრაქციულად შეგროვება ქიმიური ანალიზის ჩასატარებლად, ქრომატოგრაფიულ სვეტში შეაქვთ შედარებით დიდი რაოდენობის სინჯი, რისთვისაც საჭიროა მაღალი შეფარდება — სითხე — მყარი სხეული. ამასთანავე, სწრაფი გაყოფის მიღწევისათვის უმჯობესია გამოვიყენოთ სითხე — მყარი სხეულის დაბალი შეფარდება, რათა შევამციროთ შეკავებული მოცულობები. მაგრამ თუკი მყარი გადამტანი ადსორბციული თვისებებით ხასიათდება, დაბალი შეფარდება გამოიწვევს პიკების დაბოლოებათა წაგრძელებას, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ სითხე — მყარი სხეულის დაბალი შეფარდება მოითხოვს მცირე რაოდენობის სინჯების გამოყენებას და უზრუნველყოფს სვეტის მაღალეფექტურობას.

უძრავი თხევადი ფაზის დიდი რაოდენობა ამცირებს მყარ გადამტან ფაზაზე დასაყოფი ნივთიერებების ადსორბციის შესაძლებლობას. უძრავი ფაზის ფენის სისქის გაზრდა იწვევს უძრავ და მოძრავ ფაზებს შორის მასების გაცვლის სიჩქარის შემცირებას. ნაკადის დიდი სიჩქარის, დაბალი ტემპერატურისა და ბლანტი უძრავი ფაზის დროს სვეტის ხვედრითი შეკავებული მოცულობა შეიძლება დაეცეს.

სვეტის ეფექტურობის გაზრდის მიზნით უძრავი თხევადი ფაზის რაოდენობა შესაძლებელია შემცირდეს, თუმცა ეს ამცირებს გაყოფის ხარისხს.

უმეტეს შემთხვევებში, უძრავ თხევად ფაზას იღებენ მყარი გადამტანი ფაზის მასის 15 — 20%-ის რაოდენობით. ზოგჯერ უძრავი ფაზის მცირე რაოდენობით გამოყენების შემთხვევაშიც ხერხდება რთული ნაზავების დაყოფა. მაგალითად, უძრავი თხევადი ფაზის რაოდენობის შემცირება 0,1 — 0,2%-მდე (მინის ბურთულების მასასთან შეფარდებით), შესაძლებლობას იძლევა ანალიზის ტემპერატურა დაახლოებით 15°C-ით დავწიოთ საანალიზო ნივთიერებათა დუღილის ტემპერატურასთან შედარებით. ამ გზით შესაძლებელია 330 — 349°C დუღილის ტემპერატურის მქონე ცხიმოვანი მჟავების ნაზავი გაყოფილ იქნას 160° — 200°C სვეტის სამუშაო ტემპერატურის პირობებში.

ზემოაღნიშნული გარემოება საგრძნობლად ზრდის ჩვეულებრივ გავრცელებული უძრავი ფაზების ფართოდ გამოყენების შესაძლებლობებს, ვინაიდან ამ გზით 100 — 200°C-ის პირობებში ადვილად ხერხდება მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნივთიერებების დაყოფა. ამასთან ერთად იზრდება თბოგამტარობის დეტექტორიანი ქრომატოგრაფების გამოყენების შესაძლებლობაც მაღალმოლეკულურ ნივთიერებათა ანალიზის საქმეში.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## მყარი გადამტანი

ქრომატოგრაფიული სვეტის გაყოფისუნარიანობა ბევრად არის დამოკიდებული მყარ გადამტანზე. მყარი გადამტანის გრანულომეტრული შემადგენლობის არაერთგვაროვნება, მისი ნაწილაკების ზომების გაზრდა იწვევს გაზის ნაკადის სიჩქარის არაერთგვაროვნებას, რაც საბოლოო ჯამში აუარესებს ნაზავის გაყოფას.

მყარი გადამტანი მტკიცე მექანიკური შედგენილობის უნდა იყოს, რათა გაცრის, თხევადი ფაზით დაფარვის, სვეტის დატვირთვისა და სხვა ოპერაციათა შესრულების დროს ადგილი არ ჰქონდეს გრანულების დაფშვნას. ამავე დროს მყარი გადამტანის ნაწილაკები მცირეფორიანი უნდა იყოს.

მყარ გადამტანად გამოყენებული მასალისადმი წაყენებულ უპირველეს მოთხოვნად ითვლება ის, რომ იგი იყოს ინერტული, ე. ი. მის ზედაპირზე უნდა კავდებოდეს მარტოოდენ უძრავი ფაზა, ეს მასალა არ უნდა რეაგირებდეს გასაყოფ ნივთიერებებთან. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ მყარი გადამტანის მასალა კარგად უნდა სველდებოდეს უძრავი ფაზის მიერ.

მყარი გადამტანის მარცვლების ოპტიმალურ ზომებად ითვლება 0,1 — 0,4 სმ, ხოლო ზედაპირის ზომები — 3 — 10 $м^2/г$-ის ფარგლებში მერყეობს.

მყარ გადამტანად გამოყენებულია ბუნებრივი ალუმოსილიკატები (დიატომიტი, კიზელგური). დიატომიტი უფრო ხშირად გამოყენებულია თერმოიზოლაციური აგურის სახით. დაქუცმაცებული და გაცრილი თერმოიზოლაციური აგური სხვადასხვა დასახელებით გამოდის: C — 22 მარკის გამომწვარი აგური (აშშ), სტერხამოლი (გფრ). აღნიშნულ მარკებს ხარისხით არ ჩამოუვარდება ინზენსკისა და დაბუჟის ქარხნების მიერ გამოშვებული დიატომიტური 500 და 600 მარკის აგურები.

ზემოაღნიშნული ტიპის მასალებს განეკუთვნება აგრეთვე საზღვარგარეთ გამოშვებული სილოსელი და ქრომოსორბ — **P**.

საანალიზო პრაქტიკაში ფართოდ გავრცელებულ მყარ გადამტანებად ითვლება ცელიტ — 545 და ქრომოსორბ — W.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ზემოაღნიშნული მასალების გარდა მყარ გადამტანებად გამოიყენება მინის მძივები, უჟანგავი ფოლადის მარცვლები, მინის ფქვილი და ფტორშემცველი პოლიმერებისაგან დამზადებული სხვა მასალები.

კიზელგურისა და გამომწვარი ცეცხლგამძლე აგურისაგან დამზადებული მყარი გადამტანის მასალები ხშირად ინარჩუნებენ ადსორბციულ თვისებებს, მათი ზედაპირის უძრავი თხევადი ფაზით დაფარვის შემდეგაც კი. ეს ალბათ, გამოწვეულია იმით, რომ ზედაპირის დაფარვის დროს (20 — 25% უძრავი ფაზით) მყარი გადამტანის ზედაპირის ნაწილი უძრავი თხევადი ფაზით დაუფარავი რჩება. მსგავს შემთხვევებში ქრომატოგრამაზე გამოსახული პიკები არასიმეტრიულია, განრთხმული და გაგრძელებული ფორმისაა, ხშირად ერთმანეთს ედებიან და ფარავენ. რასაკვირველია, ეს გარემოება აუარესებს გაყოფის ხარისხს.

ცეცხლგამძლე აგურისა და ზოგიერთი ხარისხის კიზელგურისაგან დამზადებულ მყარ გადამტანებს უარყოფითი თვისება ახასიათებს, კერძოდ, ზოგიერთ ჟანგბადშემცველ ნაერთებთან კონტაქტის დროს ისინი კატალიზურ აქტივობას ამჟღავნებენ, მაგალითად, სპირტებთან ურთიერთმოქმედების დროს წარმოიქმნება წყალი და მათი დეჰიდრატაციის პროდუქტები.

რეაქციისუნარიანობის მქონე ორგანულ ნაერთთა ნაზავის გაყოფის დროს ზემოაღნიშნული გარემოება ხშირად იწვევს დიაგრამაზე ძირითადი ნულოვანი ხაზის გადახრას.

იმისათვის, რომ თავიდან იქნას აცილებული მყარი გადამტანების უარყოფითი თვისებები, მიმართავენ მათს დამატებით დამუშავებას, რაც გამოიხატება მყარ მასალებზე ე. წ. მოდიფიკატორების — წყლის, მცირე რაოდენობით თხევადი ფაზისა და სხვათა დამატებაში. მყარ მასალებზე მოდიფიკატორების დამატება საგრძნობლად აუმჯობესებს გაყოფის ხარისხს.

მე-6 ცხრილში მოგვყავს ყველაზე მეტად გავრცელებული მყარი გადამტანების დახასიათება.

ცხრილში აღნიშნული მყარი გადამტანების გარდა სხვადასხვა ავტორის მიერ გამოყენებულია ისეთი გადამტანები, როგორიცაა: სილოსელი (ცეცხლგამძლე აგური), ემბასელი (მჟავით დამუშავებული კიზელგური), ანაკრომი (გამომწვარი დიატომიტური მიწა) და სხვ.

მყარი გადამტანის მარცვლების ზომების შერჩევისას დიდი ყურადღება უნდა მივაქციოთ იმას, რომ მარცვლები არ იყოს ძალიან

ეროვნული ბიბლიოთეკა

**მყარი გადამტანის საზღვარგარეთული მარკების მონაცემები**

| დასახელება | ნაწილაკების სიდიდე, (მეშ*) | შენიშვნა |
|---|---|---|
| ცელიტი (დაუმუშავებელი) | 30/60—დან 100/120-მდე | |
| ცელიტი (მჟავით დამუშავებული) | 30/60-დან 100/120-მდე | ბუნებრივი მინერალი, კიზელგური |
| ქრომოსორბ-W | 30/60-დან 120/140-მდე | სილიკაგელი, კაჟმჟავის გაუწყლოებული გელი, მეტად ჰიდროფილური ნივთიერება ძლიერ განვითარებული ზედაპირით |
| ქრომოსორბ-W (მჟავით დამუშავებული) | 30/60-დან 120/140-მდე | |
| ქრომოსორბ-W (სილიკონიზირებული) | 30/60-დან 120/140-მდე | |
| ქრომოსორბ-P (დაუმუშავებელი, მჟავით დამუშავებული, სილიკონიზირებული | 30/60-დან 120/140-მდე | ბუნებრივი დიატომური მიწიდან დამზადებული ცეცხლგამძლე აგური |
| ტეფლონი | 30/100 | ფტორირებული პოლიეთილენი, პოლიტეტრაფტორეთილენი |

* „მეშ" — აღნიშნავს საცრის ხვრეტების რიცხვს, რომელიც მოდის ერთი დიუიმის სიგრძეზე. ამგვარი კლასიფიკაცია შემოღებულია აშშ-ში, ინგლისში და სხვა ქვეყნებში. აშშ-ში ძირითადად მიღებულია საცერი № 200 (200 „მეშ") რომლის 1 დიუიმის (24,5 მმ) სიგრძეზე განლაგებულია 0,074 მმ ზომის 200 ხვრეტი. 150 „მეშ"-ი აღნიშნავს უფრო მსხვილ საცერს (0,104 მმ), 100 „მეშ"-ი — 0,147-ს და ა. შ. ინგლისში შემოღებულია ხვრეტის სიდიდის სხვაგვარი დახასიათება, რომლის მიხედვითაც 50 „მეშ" საცრის ხვრეტის სიდიდე უდრის 0,254 მმ.

**საცრის ხვრეტის სიდიდე**

| ტეილორის სისტემის მიხედვით (აშშ) | | | JMM სისტემის მიხედვით (ინგლისი) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| „მეშ"-ის რიცხვი | | ხვრეტის სიდიდე მმ | „მეშ"-ის რიცხვი | | ხვრეტის სიდიდე მმ |
| 28 | — | 0,589 | 30 | — | 0,42 |
| 35 | — | 0,417 | 40 | — | 0,32 |
| 48 | — | 0,295 | 50 | — | 0,25 |
| 65 | — | 0,208 | 70 | — | 0,18 |
| 100 | — | 0,147 | 90 | — | 0,14 |
| 150 | — | 0,104 | 120 | — | 0,11 |
| 200 | — | 0,074 | 200 | — | 0,06 |

ცხრილი 6 (გაგრძელება)

| დასახელება | ნაწილაკების სიდიდე, (მეშ) | შენიშვნა |
|---|---|---|
| მინის მძივები | 100/120<br>120/140<br>140/160 | შედარებით მცირე ხვედრითი ზედაპირის მქონე ინერტული გადამტანი |
| ქრომოსორბ-PH (გამომწვარი აგური) | 80/100 | გამომწვარი აგურისაგან დამზადებული გადამტანები გამოირჩევიან მაღალი სიმკვრივით და კარგად ავსებენ სვეტს. |
| გამომწვარი აგური C-22 | 30/60-დან<br>100/120-მდე | |
| უჟანგავი ფოლადის ბურთულები | 150 | შედარებით ნაკლებ გამოიყენება. |

წვრილი, დიდი ხვედრითი ზედაპირით, და მნიშვნელოვნად მიკროფორული. ამიტომ ისეთი გადამტანი, რომელიც შეიცავს არათანაბარ მარცვლებს, უნდა გავცრათ, ვიდრე თანაბარზომიერ მასას არ მივიღებთ. გადამტანს უნდა მოსცილდეს ყოველგვარი წვრილი, მტვრისმსგავსი და ზომაზე მოზრდილი ნაწილები. გადამტანის დამუშავებისას უნდა ვეცადოთ თავიდან ავიცილოთ გადამტანის მარცვლების მექანიკური გაცვეთა და დაზიანება, წინააღმდეგ შემთხვევაში გადამტანზე შეიძლება წარმოიქმნას ადსორბირების უნარიანი ზედაპირი, რაც გამოიწვევს ქრომატოგრამებზე არასიმეტრიული პიკების გაჩენას.

გ ა დ ა მ ტ ა ნ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ მყარი გადამტანის მასას და წყლით ვრეცხავთ საცერზე მტვრისებური მასის მოსაცილებლად. შემდეგ ნესტიან მასას ვაშრობთ 150°C-ზე და ვცრით სასურველი დიამეტრის მქონე საცერში ხელით, რის შემდეგაც გაცრილი მყარი გადამტანი ქიმიურად უნდა დამუშავდეს.

თუკი გასაყოფი ნივთიერებანი მაღალი მჟავიანობით ხასიათდებიან, საჭიროა ცელიტი თავდაპირველად დავამუშაოთ 50%-იანი მარილმჟავათი, შემდეგ ერთხელ გავრეცხოთ დისტილირებული წყლით და გავაშროთ. თუკი გასაყოფ ნივთიერებებს ფუძე თვისებები ახასიათებთ, მაშინ ცელიტი გაირეცხება კალიუმის ტუტის სპირტხსნარით ისე, რომ იგი მცირე რაოდენობით დარჩეს მყარი გადამტანის ზედაპირზე.

### მყარი გადამტანის ზედაპირის უძრავი თხევადი ფაზით დაფარვა

ქრომატოგრაფიული ანალიზის შედეგების სისწორე და სიზუსტე ბევრად არის დამოკიდებული არა მარტო მყარი გადამტანის შერჩევასა და მომზადებაზე, არამედ მყარი გადამტანის ზედაპირის უძრავი

ეროვნული ბიბლიოთეკა

თხევადი ფაზით დაფარვის წესებისა და მოთხოვნილებების მართებულად ჩატარებაზე.

უძრავი თხევადი ფაზისა და მყარი გადამტანის შერჩევის შემდეგ აუცილებელია დასატვირთი სვეტის მომზადებისას ყურადღება მიექცეს შეფარდებას — უძრავი სითხე — მყარი გადამტანი, სვეტის სიგრძეს, დიამეტრსა და თვით სვეტის მასალას.

უძრავი თხევადი ფაზის წონის შეფარდება მყარი გადამტანის წონასთან შემავსებლის მომზადებისას მეტად მნიშვნელოვანი პარამეტრია. იგი ზეგავლენას ახდენს შეკავებული მოცულობის სიდიდეზე, სვეტის ეფექტურობაზე, სამუშაო ტემპერატურასა და მყარი გადამტანის ზედაპირზე გახსნილი ნივთიერებების ადსორბციის ხარისხზე. ამის გარდა, სვეტის მეტად მკვრივად დატვირთვის დროს სვეტში მცირდება თავისუფალი სივრცე გაზის გასავლელად.

სვეტის დასატვირთი მასალის მომზადება გულისხმობს ისეთი ოპერაციების სრულყოფილად ჩატარებას, როგორიცაა:

ა) მყარი გადამტანის მომზადებისას საწყისი მასალის ქიმიური და თერმული დამუშავება;

ბ) მყარი გადამტანის შეძლებისდაგვარად ერთგვაროვანი მასის მიღება (მყარი გადამტანის ნაწილაკთა ფორმა, სიდიდე და ზედაპირული თვისებები);

გ) მყარი გადამტანის ზედაპირის დაფარვა ერთნაირი რაოდენობისა და ხარისხის თხევადი ფაზით.

სვეტის ეფექტურობის მიღწევისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ზემოაღნიშნული წესით დამზადებული გადამტანით სვეტის გავსებას იმგვარად, რომ მიღწეულ იქნას მის მთელ სიგრძეზე გადამტანის მარცვლების განაწილებისა და სიმკვრივის მაქსიმალური ერთგვაროვნება.

როგორც ვხედავთ, სვეტის შემავსებლის მომზადებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გადამტანის ზედაპირზე უძრავი თხევადი ფაზის თანაბარ განაწილებას.

მყარი გადამტანის ზედაპირის თხევადი ფაზით დაფარვის ორი მთავარი ხერხი არსებობს: ა) ხელით შერევა და ბ) შერევა მოძრავ ვაკუუმამაორთქლებელში.

ა) **ხელით შერევის წესი** შემდეგნაირად ხორციელდება: ვწონით თხევად ფაზას მყარი გადამტანის წონასთან გარკვეული პროცენტული შეფარდებით და ვხსნით ორგანულ გამხსნელში (აცეტონი, ქლოროფორმი, დიქლორეთანი, ეთილაცეტატი).

ფაიფურის ჯამში ან ქიმიურ ჭიქაში მოთავსებულ თხევად ფაზას თანდათან ვამატებთ მყარ გადამტანს (წინასწარ დამუშავებულს) და

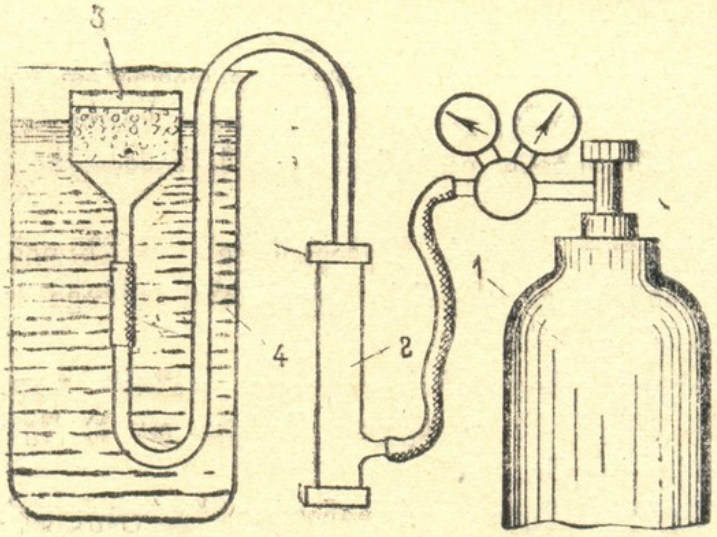
მასას ფრთხილად ვურევთ განუწყვეტლივ, რათა თხევადი ფაზა კარგად განაწილდეს მყარი გადამტანის მასაში.

ჭურჭელს მიღებული მასით ვათავსებთ წყლის აბაზანაზე, ვაცხელებთ ჰომოგენური სუსპენზიის მიღებამდე და თან განუწყვეტლივ ვურევთ მანამდე, ვიდრე სქელი მასა არ მიიღება (რათა თავიდან ავიცილოთ მყარი გადამტანის მარცვლების დაფშვნა-დაქუცმაცება). ამის შემდეგ, თუკი ეს აუცილებელია, ჭიქა შეიძლება ვანჯღრიოთ და ვამოძრაოთ.

ბ) **მოძრავ ვაკუუმამაორთქლებელში შერევა** გულისხმობს გამხსნელში გახსნილი თხევადი ფაზის მყარ გადამტანთან შერევას მრგვალძირიან კოლბაში. შერევის შემდეგ კოლბას ვაერთებთ მოძრავ ვაკუუმამაორთქლებელთან და კოლბისა და მასში მოთავსებული მასის განუწყვეტელი მოძრაობის პროცესში გამხსნელს ვაორთქლებთ ვაკუუმის ქვეშ.

ეს უკანასკნელი მეთოდი ხელის შერევასთან შედარებით მთელი რიგი უპირატესობებით გამოირჩევა: უფრო სწრაფია, ნაკლებ ყურადღებას მოითხოვს და ამავე დროს თხევადი ფაზა თანაბრად ნაწილდება მყარი გადამტანის მარცვლების ზედაპირზე.

არსებობს სვეტის შემავსებელი მასიდან გამხსნელის მოცილების ხერხი, რომელიც ხორციელდება სპეციალური მარტივი მოწყობილობის საშუალებით (სურ. 28).




სურ. 28. შემავსებელი მასიდან გამხსნელის ასაორთქლებელი მოწყობილობა: 1—ბალონი ნეიტრალური გაზითურთ; 2—გაზის გასასუფთავებელი ჭურჭელი; 3—მყარი გადამტანის მასით სავსე ძაბრი; 4—ცხელწყლიანი ჭურჭელი.

გამხსნელის აორთქლების შემდეგ დარჩენილი მასა უნდა გაცხელდეს წყლიან აბაზანაზე 30 — 40 წუთით მცირე ვაკუუმის ქვეშ.

ფაიფურის ჯამზე უძრავი თხევადი ფაზის მყარი გადამტანის მასასთან შერევისას არასასურველია მასის ენერგიული არევა, რათა ეროვნული ბიბლიოთეკა დავაზიანოთ მყარი გადამტანის მარცვლები. ამასთან ერთად ზოგჯერ ხდება უძრავი, თხევადი ფაზის არათანაბარი განაწილება მყარი გადამტანის მთლიან მასაში. ზოგიერთი ავტორის თანახმად კი, ფაიფურის ჯამზე ხელით შერევისას, არამყარი კომპონენტების (მაგ., ტერპენების) იზომერიზაცია ხდება, მაშინ, როცა მოძრავ ვაკუუმამაორთქლებელზე შემავსებლის მომზადებისას მსგავსი მოვლენა არ შეიმჩნევა [53, 134].

## ქრომატოგრაფიული სვეტის დატვირთვა

ქრომატოგრაფიული სვეტის დატვირთვის წესი დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორი ფორმისაა თვით სვეტი.

სპირალურ სვეტებში შემავსებელი მასა ჩვეულებრივ, დაჭირხნული გაზით ან გაუხშოების საშუალებით შეჰყავთ.

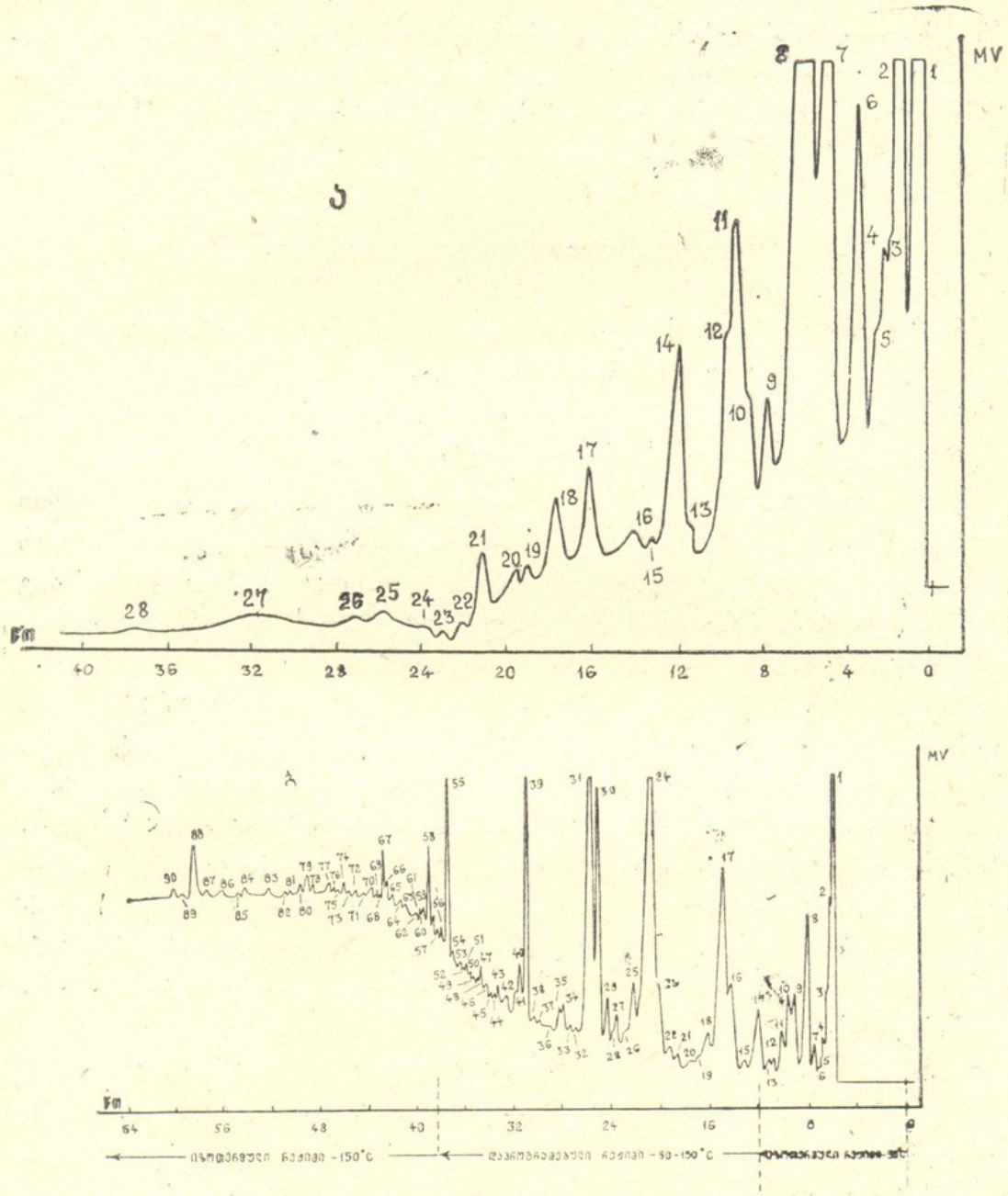
სწორი, U-ს და W-ს მსგავსი სვეტების დატვირთვას კი უფრო მარტივი წესით ახორციელებენ: სვეტს ამაგრებენ ვერტიკალურ მდგომარეობაში, თავზე ადგამენ ძაბრს და თანდათანობით ყრიან შიგ შემავსებელ მასას. მასა რომ მკვრივად ჩაიტვირთოს, სვეტს მსუბუქად შემოჰკრავენ ხის სახაზავს ან სხვა რაიმე საგანს.

ზოგიერთ შემთხვევაში ქრომატოგრაფის კომპლექტში შედის სპეციალური ვიბრატორი, რომლის დახმარებითაც ხდება სვეტის დატვირთვა. როცა სვეტის 25% შეივსება, მას ხსნიან ვიბრატორიდან, ქვედა ბოლოზე რამდენჯერმე შემოჰკრავენ და ისევ ვიბრატორზე დაამაგრებენ. ამ ოპერაციას 3 — 4-ჯერ იმეორებენ, ვიდრე სვეტი მთლიანად არ შეივსება. შემდეგ სვეტის თავებში ათავსებენ ბადის მცირე ზომის რგოლებს ანდა მინის ბამბას, იმგვარად, რომ რგოლი ან ბამბა სვეტის შიგნით მოთავსდეს და ხელი შეუშალოს სვეტიდან შემავსებლის მარცვლების გადმობნევას.

ზემოაღნიშნული ოპერაციების ჩატარების შემდეგ სვეტი შეიძლება ჩამაგრდეს ქრომატოგრაფში, მაგრამ ვიდრე ანალიზის დაწყებას შევუდგებოდეთ, აუცილებელია სვეტი წინასწარ გახურდეს, ამასთანავე, მასში უნდა გავატაროთ გადამტანი გაზი გახურების მთელი დროის განმავლობაში (24 — 48 საათი). სვეტის გახურების ტემპერატურა რამდენადმე უნდა სჭარბობდეს სამუშაო ტემპერატურას. გახურების დროის გავლის შემდეგ სვეტს გავაცივებთ, რის შემდეგაც შეიძლება შევუდგეთ ანალიზის ჩატარებას.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

კაპილარული ქრომატოგრაფია თავისი არსით მიკრომეთოდია. შეუცვლელია ისეთი ნაზავების დაყოფისას, რომლებიც მეტად მცირე კონცენტრაციის კომპონენტებს შეიცავენ.




სურ. 29. 16-წლიანი საკონიაკე სპირტის პენტანიანი ექსტრაქტის დაყოფა სხვადასხვა ტიპის სვეტზე. ა—U-სმაგვარ დასატვირთ სვეტზე მიღებული ქრომატოგრამა; ბ—კაპილარულ სვეტზე მიღებული ქრომატოგრამა.

საანალიზო ნაზავის დაყოფის სასურველი რეჟიმის მისაღწევად სვეტის სიგრძესა და ტიპს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ისეთ ფაქტორებთან ერთად, როგორიცაა მყარი გადამტანი, თხევადი ფაზის ტიპი

ეროვნული ბიბლიოთეკა

და რაოდენობა, სვეტის შევსების ხერხი, სვეტის სამუშაო ტემპერატურა.

ორგანულ ნაერთთა ერთი და იგივე ნაზავის დაყოფის დროს, დასატვირთ სვეტებთან შედარებით, კაპილარულ სვეტზე შესაძლებელი ხდება ერთის მხრივ, 2 — 3-ჯერ მეტი კომპონენტის მიღება, მეორეს მხრივ კი ისეთი კომპონენტების ერთმანეთისაგან გამოყოფა, რომლებიც დასატვირთი სვეტის გამოყენების შემთხვევაში ქრომატოგრამაზე ერთმანეთს ფარავენ და ერთი პიკის სახით გამოდიან.

29-ე სურათზე ნაჩვენებია 16-წლიანი კონიაკის სპირტის პენტანიანი ექსტრაქტის ქრომატოგრამები, რომლებიც მივიღეთ ჩვეულებრივ, U-ს მაგვარ, 4 მ სიგრძის სვეტსა (ა) და კაპილარულ, 47 მ სიგრძის სვეტზე (ბ) ნაზავის დაყოფის საშუალებით დაპროგრამებულ ტემპერატურულ რეჟიმში. როგორც ვხედავთ, კაპილარულ სვეტზე 90 პიკის მიღება მოხერხდა, მაშინ, როცა 4 მ სიგრძის სვეტზე მხოლოდ 28 პიკი მივიღეთ.

კაპილარული სვეტის გამოყენების დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება თხევადი ფაზის შერჩევასა (დასაყოფ კომპონენტთა ბუნებისა და ფაზის ტემპერატურულ შესაძლებლობათა გათვალისწინებით) და სვეტის შიგა ზედაპირის სასურველი სისქის ფენით დაფარვას.

კაპილარული ქრომატოგრაფია მნიშვნელოვნად აფართოებს გაზური ქრომატოგრაფიის გამოყენების შესაძლებლობებს.

კაპილარული სვეტის მომზადება, სწორი U-ს და W-ს მაგვარი სვეტებისაგან განსხვავებით, თავისებურებით ხასიათდება, არსებითად მისი მომზადების პრინციპი სხვაგვარია.

კაპილარული სვეტის მომზადება უპირველესად გულისხმობს სვეტის შიგა კედლების უძრავი თხევადი ფაზის თხელი ფენით დაფარვას.

კაპილარული სვეტის მომზადებისას უძრავი თხევადი ფაზა ფარავს სვეტის შიგა ზედაპირს დაახლოებით 3 — 5 მკ-ის სისქეზე. მიუხედავად იმისა, რომ უძრავი მასის ფენა ერთობ თხელია, კაპილარული სვეტის ექსპლუატაცია შეიძლება ხანგრძლივი დროით, ვიდრე მთლიანად არ ელდუირდება იგი სვეტის ზედაპირიდან.

კაპილარული სვეტის შიგა დიამეტრი ჩვეულებრივ შეადგენს 0,01—0,1 სმ-ს, სიგრძე კი 15 — 45 მ-ს. „Garlok Packing Co."-ს ფირმის მიერ ნეილონისაგან დამზადებული კაპილარული სვეტის სიგრძე კი 1,5 კმ-ს აღწევდა.

სვეტის მომზადების ერთ-ერთი ხერხი მდგომარეობს იმაში, რომ მასში შეჰყავთ კონცენტრირებული თხევადი ფაზის მცირე რაოდენობა და მას სვეტის სიღრმეში დევნიან ინერტული გაზის დახმარებით (არა უმეტეს 10 სმ/წმ-ში სიჩქარით). როცა თხევადი ფაზა სვეტის ბოლოში გამოჩნდება, გაზის გატარებას არ წყვეტენ, ვიდრე ფაზის

გამოსვლა არ შეწყდება, ამასთანავე, ზოგიერთ შემთხვევაში სვეტს ათავსებენ თერმოსტატში 40 — 50°C-ზე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

საერთოდ, სვეტის ყოველ 10 მ სიგრძეზე უნდა დაიხარჯოს 2 — 4 მგ თხევადი ფაზა.

უძრავი ფაზით სვეტის დატვირთვისას ინერტულ გაზს სვეტში უშვებენ 0,16 — 8 ატმ წნევის ქვეშ, ხოლო ფაზის გამოსადევნად წნევა იზრდება 3 — 8 ატმ-მდე.

## სვეტის შენახვა და მოვლა

შემავსებლით სავსე სვეტი უნდა ინახებოდეს მხოლოდ ვერტიკალურ მდგომარეობაში, წინააღმდეგ შემთხვევაში შესაძლოა გაჩნდეს მცირე ზომის ღრუები შემავსებლის მასაში, ეს კი გამოიწვევს გაყოფის ეფექტიანობის შემცირებას.

საცობით მჭიდროდ დახურული სვეტის შესანახად უნდა შეირჩეს მშრალი ადგილი. იმ შემთხვევაში, თუ სვეტი ხანგრძლივად ინახებოდა და არ იყო მაქსიმალურად იზოლირებული ატმოსფეროსაგან, და ამავე დროს ანალიზის ჩატარება განზრახულია 100°C-ზე დაბლა, სვეტი უნდა გავახუროთ და რამდენიმე საათის განმავლობაში გავატაროთ მასში ინერტული გადამტანი გაზი სვეტიდან ატმოსფერული ტენის გამოდევნის მიზნით.

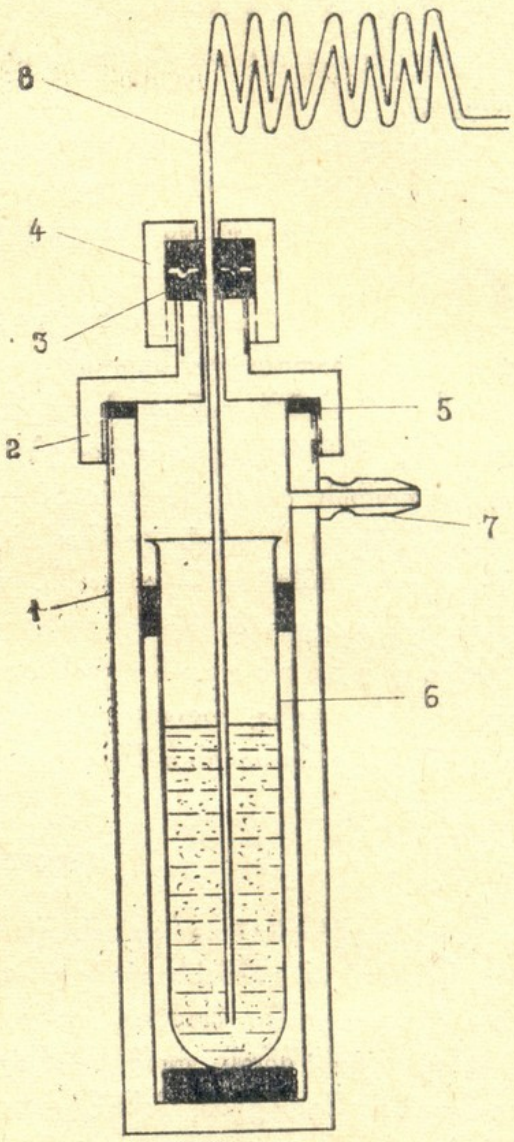
სამუშაოს პროცესში და მუშაობის დამთავრების შემდეგ სვეტში მკვეთრად არ უნდა იცვლებოდეს წნევა. სვეტის მოხსნა შეიძლება მაშინ, როცა წნევა სვეტის მთელ სიგრძეზე გაუთანაბრდება ატმოსფერულს.

არ შეიძლება სვეტის გახურება ინერტული გადამტანი გაზის გაუტარებლად, რადგან ბევრი უძრავი თხევადი მასალა მაღალ ტემპერატურაზე და ჰაერთან შეხებისას შეიძლება დაიშალოს ანდა დაიჟანგოს. თერმული დაშლისა და დაჟანგვის პროდუქტები კი აუარესებენ სვეტის სამუშაო პირობებს. ამიტომ სასურველია ანალიზის დამთავრებისა და სვეტის გახურების შეწყვეტის შემდეგ რამდენიმე ხანს არ გამოვრთოთ გადამტანი გაზი და ვატაროთ იგი სვეტში.

არსებობს სპეციალური მოწყობილობანი, რომელთა დახმარებითაც ახდენენ კაპილარული სვეტის შიგა ზედაპირის დაფარვას უძრავი თხევადი ფაზით. ერთ-ერთი მარტივი მოწყობილობის სქემა წარმოდგენილია 30-ე სურათზე.

როგორც სურათიდან ჩანს, მოწყობილობა შედგება კორპუსის (1), თავსახურის (2), საჩობალო შემკვრივების (3), ხუფის ქანჩის (4), საფენის (5), უძრავი თხევადი ფაზის სინჯის (6), დაჭირხნული აზოტის ბალონთან შესაერთებელი მილისაგან (7). კაპილარული სვეტი (8) მოწყობილობას უერთდება თავსახურის გზით.

აზოტი სვეტის შესავსებ მოწყობილობას მიეწოდება 1 და უფრო მეტი ატმოსფერული წნევით (დამოკიდებულია უძრავი ფაზის სიბ-ლანტეზე). თხევადი ფაზის გადაადგილების სიჩქარე უნდა იყოს რამდენიმე მილიმეტრი საათში. სვეტის შიგა კედლების დაფარვა ხდება ისეთივე გზით, როგორც ზემოთ გვქონდა აღნიშნული.



სურ. 30.

გაყოფის ხარისხზე არსებითად მოქმედებს თხევადი ფაზის ის რაოდენობა, რომლითაც იფარება სვეტის შიგა ზედაპირი.

ანალიზის ოპტიმალური შედეგების მისაღებად დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს თხევადი ფაზის ფენის სისქეს და მის თანაბარ განაწილებას კაპილარული სვეტის ზედაპირზე.

დაფარული ფენის თანაზომიერება დამოკიდებულია უძრავი თხევადი ფაზის პოლარობაზე. კაპილარული სვეტის არაპოლარული თხევადი ფაზის თანაბარი სისქის ფენით, მაგალითად, სკვალანით დაფარვა უფრო ადვილია, ვიდრე პოლარული ფაზის ფენით, მაგალითად, პოლიეთილენგლიკოლით. ამ სიძნელის თავიდან ასაცილებლად მიმართავენ შემდეგ ხერხს: მინის კაპილარულ სვეტს ავსებენ ამიაკის 12%-იანი წყალხსნარით, შემდეგ სვეტს ბოლოებს ურჩილავენ და ახურებენ 170—180°C-ზე 30 საათის განმავლობაში. ამ დროის გავლის შემდეგ სვეტის ბოლოებს გახსნიან, გადმოღვრიან ამიაკის წყალხსნარს და იგივე ტემპერატურაზე სვეტიდან ჰაერის დახმარებით დევნიან ამიაკის ნარჩენს 36 საათის განმავლობაში. ამგვარი დამუშავებისას სვეტის შიგა კედლებზე წარმოიქმნება კაჟმჟავა გელის მკვრივი ნალექი, რაც ხელს უწყობს სვეტის შიგა ზედაპირის გაზრდას, ეს კი თავის მხრივ საგრძნობლად ამაღლებს სვეტის ეფექტურობას.

სვეტის შიგა ზედაპირი წინასწარ უნდა გაშრეს და გათავისუფლ-

დეს ორგანული შენაერთებისაგან. სვეტის დასამზადებელ მასალად გამოყენებულია მინა, ნეილონი, სპილენძი და უჟანგავი ფოლადი. ეს უკანასკნელი უფრო ხშირად გამოიყენება. ფოლადის სვეტები დატვირთვამდე უნდა დამუშავდეს ქიმიურად ე. წ. „მჟავური ცენტრების" მოსაცილებლად და არამყარი ნაერთების კატალიზური დაშლის შესამცირებად.

სპილენძის სვეტები დაფარული არის ხოლმე ჟანგის ფენით, რაც იწვევს პიკების წაგრძელებულ და გაშლილ ფორმებს ქრომატოგრამაზე, ამიტომ იგი უნდა მოსცილდეს სვეტის ზედაპირს ქიმიური დამუშავებით.

ლ ი თ ო ნ ი ს  ს ვ ე ტ ი ს  გ ა ს უ ფ თ ა ვ ე ბ ა. უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებული სვეტის გასასუფთავებლად მასში რიგრიგობით ატარებენ 2 — 3%-იან დეტერგენტის წყალხსნარს, 10%-იან მწვავე კალიუმის ხსნარს, დისტილირებულ წყალს, მეთანოლს, აცეტონს, ქლოროფორმს და ბენზოლს 50 — 50 მლ-ის რაოდენობით თითოეულს. შემდეგ სვეტის გაშრობის მიზნით მასში გაატარებენ მშრალ გაზს, უფრო ხშირად — არგონს. ყველა ზემოაღნიშნული ხსნარი ხმარების წინ ორჯერ მაინც უნდა გაიფილტროს.

ს პ ი ლ ე ნ ძ ი ს ა გ ა ნ  დამზადებული კაპილარული სვეტი იმგვარადვე მუშავდება, როგორც უჟანგავი ფოლადისა, იმ განსხვავებით, რომ მას არ ვამუშავებთ მწვავე კალიუმის ხსნარით.

## გადამტანი გაზი

გაზური ქრომატოგრაფიის დამახასიათებელ და ქრომატოგრაფიის სხვა სახეთაგან განმასხვავებელ თვისებად ითვლება ის, რომ გაზურ ქრომატოგრაფიაში მოძრავ ფაზად გამოყენებულია მუდმივი გაზები.

უნდა აღინიშნოს, რომ ხშირად ნაკლები ყურადღება ექცევა მოძრავი ფაზის შერჩევას, მაშინ, როცა ამ ფაქტორს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქრომატოგრაფიული ანალიზის სრულყოფილად ჩატარების საქმეში.

ყველა გაზი, რომელიც კი გამოიყენება მოძრავ ფაზად (წყალბადი, ჰელიუმი, აზოტი, ჰაერი, არგონი და სხვა) ინდივიდუალური ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით ხასიათდება, რომლებიც ბევრ შემთხვევაში განსაზღვრავს კონკრეტული ანალიზის ჩატარების შესაძლებლობას. ამიტომ დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს გაზის ისეთ თვისებებს, რომლებიც მოქმედებენ ნაკადის სიჩქარეზე, დეტექტორის მგრძნობიარობაზე, დეტექტორის სიგნალის შერჩევითობასა და გაზის ნაკადში საანალიზო ნაერთთა ქიმიურ მდგრადობაზე. ამასთანავე, უნდა შევარჩიოთ გადამტანი გაზის ისეთი სიჩქარე, რომელიც უზრუნველ-

ჰყოფს პიკების გაყოფის ოპტიმალურ პირობებს. გაზის ნაკადის სიჩქარის რყევადობა და არასტაბილურობა მინიმუმამდეა დასაყვანი.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გადამტანი გაზის შერჩევაზე მოქმედი ფაქტორებიდან აღსანიშნავია:

ა) სიბლანტე და დიფუზიის კოეფიციენტი;

ბ) ხვედრითი თბოგამტარობა;

გ) აღგზნების პოტენციალი და იონიზაცია;

დ) ადსორბციისუნარიანობა;

ე) გადამტანი გაზის ქიმიური აქტივობა;

ვ) გადამტანი გაზის სისუფთავე.

ცნობილია, რომ გაზი, სითხესთან შედარებით, ნაკლებ ბლანტია, სწორედ ამიტომ იქცა გაზური ქრომატოგრაფია უფრო სწრაფ მეთოდად, ვიდრე სითხურ-განმანაწილებელი და სითხურ-ადსორბციული ქრომატოგრაფიები.

ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ თვით გაზები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან სიბლანტით, რასაც ყურადღება უნდა მიექცეს სამუშაო პარამეტრების შერჩევის დროს.

ელემენტარული კინეტიკური თეორიის თანახმად, იდეალური გაზის სიბლანტე გამოისახება ტოლობით

$$\eta = \frac{1}{3} M \bar{\omega} \lambda,$$

სადაც M არის გაზის მოლეკულური წონა;

$\bar{\omega}$ — მოლეკულის საშუალო სიჩქარე;

c — მოლების რიცხვი 1 მლ-ზე;

$\lambda$ — თავისუფალი გარბენის საშუალო სიგრძე.

ერთნაირი ზომის მოლეკულების მქონე გაზები ერთნაირი სიბლანტის მქონე არიან. მაგალითად, აზოტი თავისი თვისებებით წააგავს ნახშირბადის ჟანგს, ვინაიდან თითოეულ მათგანს ერთნაირი მოლეკულური წონა და ელექტრონების რიცხვი აქვს.

წყალბადი, მცირე მასის გამო, ნაკლებ ბლანტია, ხოლო ჰელიუმი სხვა ზემოჩამოთვლილ გაზებთან შედარებით უფრო ბლანტია. ტემპერატურის მატებასთან ერთად იზრდება გაზის სიბლანტე. ამ თვისებით გაზი მკვეთრად განსხვავდება სითხისაგან, რომელიც გაცხელებისას უფრო მოძრავი და დენადია, მოლეკულათაშორისო კავშირების შესუსტების გამო. ამგვარ კავშირებს გაზებში არსებითი მნიშვნელობა არა აქვს. სწორედ ამიტომ ტემპერატურის მომატებისას უბრალოდ მატულობს მოლეკულების თბური მოძრაობა და შესაბამისად, სიბლანტეც.

ზემოაღნიშნული გარემოების გათვალისწინებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ანალიზის პროცესში ქრომატოგრაფის სამუშაო ტემპერატურის შეცვლის დროს, როცა იცვლება აგრეთვე გაზის სიბლანტე და ნაკადის სიჩქარე.

გაზის ერთ-ერთ დამახასიათებელ თვისებად, რაც გათვალისწინებულ უნდა იქნას მისი შერჩევის დროს, ითვლება დიფუზიის უნარი, რომელიც გამოიხატება დიფუზიის კოეფიციენტით.

დიფუზიის კოეფიციენტი დამოკიდებულია სიბლანტეზე, სიმკვრივესა და მოლეკულური ურთიერთმოქმედების ხარისხზე. დიფუზიის კოეფიციენტი იანგარიშება შეფარდებიდან, რომელიც გვაძლევს მოლეკულების რიცხვს — გამავალს კვეთის ერთეულზე დროის ერთეულში. ექსპერიმენტულად იგი ისაზღვრება ერთი გაზის ნაკადის სიჩქარის გამოანგარიშებით მეორე გაზში.

ხ ვ ე დ რ ი თ ი თ ბ ო გ ა მ ა ტ ა რ ო ბ ა ეწოდება სითბოს იმ რაოდენობას, რომელიც ერთ წამში გაივლის ფართობის ერთეულში 1 სმ-ზე 1° ტემპერატურის გრადიენტის დროს. ხვედრითი თბოგამტარობა განისაზღვრება ტოლობით

$$\lambda = \frac{C_v}{M}\eta,$$

სადაც η არის გაზის სიბლანტე;

Cv — მუდმივი მოცულობისას მოლური თბომოცულობა;

M — მოლეკულური წონა.

დეტექტორის სასურველი გრძნობელობის მისაღწევად გადამტანი გაზი და გახსნილი ნივთიერება მნიშვნელოვნად უნდა განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან ხვედრითი თბოგამტარობით.

გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის ერთ-ერთ უპირატეს თვისებად ითვლება ის, რომ გაზების უმეტესობა პრაქტიკულად არ იხსნება უძრავ ფაზაში.

გადამტანი გაზის შერჩევისას ყურადღება უნდა მიექცეს იმ გარემოებას, თუ რამდენად აქტიურია გაზი. საერთოდ, უნდა მოვერიდოთ მაღალაქტიურ გადამტან გაზებს, ვინაიდან ზოგიერთ შემთხვევაში ისინი აზიანებენ სვეტისა თუ დეტექტორის ცალკეულ სამუშაო ნაწილებს. ასე, მაგალითად, წყალბადი აღადგენს ორგანულ ნაერთებს ვარვარა ძაფებიან დეტექტორებში, ხოლო ჟანგბადი ან ჰაერი იწვევს სვეტის ზოგიერთი შემავსებლის დაბინძურებასა და დაზიანებას მაღალ ტემპერატურაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ მომწამვლელი და კოროზიული თვისებები რომ არა, ისეთი გაზები, როგორიცაა ქლორწყალბადი, გოგირდოვანი ანჰიდრიდი, ამიაკი და გოგირდწყალბადი თავიანთი განსაკუთრებული

ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების გამო, შეიძლება წარმატებით გამოგვეყენებინა საანალიზო პრაქტიკაში.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ბალონებში დაჭირხნული გასაყიდი გაზები ხშირ შემთხვევაში შეიცავენ მინარევებს და გასუფთავების გარეშე მათი გადამტან მოძრავ ფაზად გამოყენება შეუძლებელია. ცხადია, აუცილებელია მათი სპეციალური გაწმენდა, რაც მოითხოვს გამწმენდ მოწყობილობას, ეს კი საკმაოდ ართულებს მუშაობის პირობებს.

პოლარული თხევადი ფაზების გამოყენების დროს აუცილებელია გაზი გავათავისუფლოთ ტენისაგან. ასევე იონიზაციური და არგონური დეტექტორების ხმარებისას გაზი საჭიროა გათავისუფლდეს, როგორც ტენისაგან, ისე არაორგანული გაზებისაგან, ორგანული შენაერთებისაგან, მინის ბამბისა და მტვრისმაგვარი ნაწილაკებისაგან, რომლებიც წარიტაცება სვეტიდან გაზის ნაკადის მიერ.

გაზის სისუფთავე და მისი მასის ერთგვაროვნება დიდ გავლენას ახდენს ძირითადი ნულოვანი ხაზის სტაბილობაზე.

ნულოვანი ხაზის დარღვევა და არასტაბილურობა შეიძლება გამოწვეული იყოს არა მარტო თხევადი ფაზის აქროლადობითა და გადამტანი გაზის წნევის ცვლილებებით, არამედ გაზის შემადგენლობაში არსებული მინარევების ადსორბციით სვეტში.

გადამტანი გაზის სისუფთავეს დიდი მნიშვნელობა აქვს დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმით მუშაობისას, ვინაიდან გაზის უსუფთაობის შემთხვევაში სვეტში ტემპერატურის მატება გამოიწვევს ადსორბირებულ მინარევთა რაოდენობრივ ცვლილებებს, ეს კი უარყოფითად იმოქმედებს ნულოვან ხაზზე და გადახრის მას.

ასევე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გადამტანი გაზის სისუფთავეს იმ შემთხვევაში, როცა ხდება სვეტიდან გამოსულ კომპონენტთა ფრაქციული შეგროვება. გაზის უსუფთაობის შემთხვევაში ზუსტი რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარება შეუძლებელია, მაგალითად, ისეთი მგრძნობიარე ანალიზის დროს, როგორიცაა სპექტრომეტრია.

გადამტანი გაზის გასუფთავება სხვადასხვა მინარევისაგან შესაძლებელია მარტივი ხერხით, რაც ხორციელდება გაზის გატარებით გაცივებულ დამჭერში, რომელიც მოთავსებულია გაზის ბალონსა და წნევის რეგულატორს შორის. მარტივი გაზდამჭერი შედგება ლითონის მილისაგან, რომელიც ჩაშვებულია გამაცივებელაგენტიან დიუარის ჭურჭელში (თხევადი აზოტი და სხვ.).

## სამუშაო ტემპერატურის რეგულირება და შერჩევა

ქრომატოგრაფიული სვეტისა და დეტექტორის ტემპერატურის რეგულირება მეტად მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რამდენადაც მასზე

ბევრად არის დამოკიდებული ქრომატოგრაფიული ანალიზის შედეგი. ამავე დროს ტემპერატურა მოქმედებს ძირითადი ხაზის სტაბილურობაზე, პიკების ფართობთა უცვლელ მაჩვნებლებსა და მათს სიმყარეზე. ამის გარდა, დოზატორის არასაკმაოდ გახურება ამცირებს სვეტის ეფექტურობას, ხოლო კომპონენტთა კონდენსაცია გამოსასვლელ ხაზზე ხელს უშლის ფრაქციონირებას.

ქრომატოგრაფირების ამა თუ იმ რეჟიმის შერჩევისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება არა მარტო აპარატის საერთო ტემპერატურული რეჟიმის სათანადო ყურადღებითა და სიზუსტით რეგულირებას, არამედ კონკრეტული ამოცანის ოპტიმალური პირობების გულდასმით შერჩევას. ეს გარემოება მოითხოვს შეკავებული მოცულობების სიდიდეთა ტემპერატურისაგან დამოკიდებულების განსაზღვრას, აგრეთვე გაყოფის კოეფიციენტსა და სვეტის ეფექტურობაზე ტემპერატურის ზემოქმედების შესწავლას.

ზემოაღნიშნულთან ერთად გასათვალისწინებელია გახსნილი ნივთიერებისა და უძრავი ფაზების თერმული მდგრადობაც. ყველა ჩამოთვლილ ფაქტორს ყურადღება უნდა მიექცეს სამუშაო რეჟიმის შედგენისას.

ტემპერატურულ ფაქტორს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ისეთი ნაზავის გაყოფისას, რომლის კომპონენტთა დუღილის ტემპერატურებს შორის სხვაობა 100 — 200°-ია. ამ შემთხვევაში ისეთი რეჟიმი უნდა შეირჩეს, რომელიც ეზრუნველყოფს ყველა, განსხვავებული დუღილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტის შესაბამისი პიკის მიღებას ქრომატოგრამაზე.

დ ო ზ ა ტ ო რ ი ს ტ ე მ პ ე რ ა ტ უ რ ა ს დიდი მნიშვნელობა აქვს სწორი და დამაკმაყოფილებელი შედეგის მიღებისათვის. თხევადი საანალიზო ნიმუშისათვის დოზატორის ტემპერატურა განსაზღვრავს ნიმუშის აორთქლების სიჩქარეს, მაშასადამე, ორთქლის გადამტან გაზთან შერევის ხარისხსაც. ამ გარემოებას შეუძლია დიდი გავლენა მოახდინოს სვეტის ეფექტურობაზე. 31-ე სურათზე ნაჩვენებია მეთანოლის, ეთანოლისა და იზოპროპანოლის პიკების გაყოფის ხარისხი დოზატორის სხვადასხვა ტემპერატურაზე. როგორც ვხედავთ სურათზე, 21°C-ზე პიკები ცუდად იყოფიან (უფრო სწორად, არ იყოფიან ერთმანეთისაგან), მაშინ, როცა 105°C-ზე გაყოფის მაღალი ხარისხია მიღწეული.

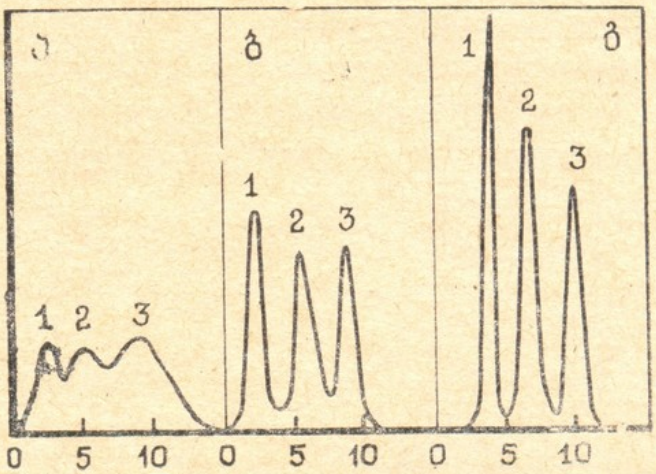
ს ვ ე ტ ი ს ტ ე მ პ ე რ ა ტ უ რ ა ასევე დიდ გავლენას ახდენს მიღებულ ქრომატოგრაფიულ შედეგზე. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მყარ სამუშაო ტემპერატურულ რეჟიმს, ადგილი არ უნდა ექნეს ტემპერატურის მცირე ცვლილებებსაც კი.

მეტად დაბალ ტემპერატურაზე, შესაძლოა, არ მოხდეს ნივთიერე-

ბათა ელუირება, ანდა ქრომატოგრამაზე მივიღოთ მეტად განიერი, განრთხმული პიკები.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

მეტად მაღალი ტემპერატურის პირობებში ნივთიერებები სვეტიდან დაუყოფლად გამოვლენ. საზოგადოდ, არსებობს გარკვეული შუა-




სურ. 31. დოზატორის ტემპერატურის გავლენა მეთანოლის, ეთანოლისა და იზოპროპანოლის პიკების ფორმებზე: ა) 21°C-ზე; ბ) 48°C-ზე; გ) 105°C-ზე.

ლედური ტემპერატურა, რომლის დროსაც გაყოფის მაქსიმალური კოეფიციენტი და მაღალი ეფექტურობა მიიღწევა.

ქრომატოგრაფიული ანალიზის წარმატებით ჩატარების უმთავრეს პირობად ითვლება ზემოაღნიშნული ტემპერატურული ინტერვალის დადგენა და გამორკვევა, იქნებიან თუ არა გახსნილი ნივთიერებები და უძრავი ფაზები შერჩეულ ტემპერატურაზე სტაბილური.

სვეტის ტემპერატურის შერჩევის დროს რამდენიმე ფაქტორს ექცევა ყურადღება. ერთ-ერთი მათგანია შეკავებული მოცულობის სიდიდის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე. სვეტში გადამტანი გაზის მუდმივი სიჩქარით გატარებისას გახსნილი ნივთიერება იწყებს სწრაფ გადაადგილებას. ტემპერატურის გაზრდისას მცირდება სვეტში მოძრავი ფაზით დაკავებული მოცულობა, რაც გამოწვეულია უძრავი ფაზის თბური გაფართოებით. ეს გარემოება იწვევს შეკავებული მოცულობის დაახლოებით 5%-ით შემცირებას ტემპერატურის ყოველი 1°-ით მომატებისას.

ზოგჯერ ამტკიცებენ, რომ სვეტის ეფექტურობა იზრდება სვეტის ტემპერატურის მატებასთან ერთად. სვეტის ტემპერატურის ზრდისას პიკი მაღალი და მახვილთავიანი გამოდის, რადგან გახსნილი ნივთიერება ნაკლებ ხანს იმყოფება სვეტში და შესაბამისად. ნაკლებ ხანს გრძელდება გასწვრივი დიფუზია. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ პიკის თავის სიმახვილე არ შეიძლება ჩავთვალოთ სვეტის ეფექტურობის გაზრდის დამადასტურებლად.

ტემპერატურული ოპტიმუმი დამოკიდებულია გახსნილი ნივთიერებების ბუნებაზე და იცვლება ერთ და იგივე კომპონენტთა ნარევის სხვადასხვა გაიხსნელის გამოყენების დროს. საერთოდ, უნდა აღინიშნოს, რომ სვეტის ეფექტურობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და ქრომატოგრაფიული ანალიზისას ხშირად მიზანშეწონილია განისაზღვროს მისი ოპტიმალური მნიშვნელობა.

საანალიზო კომპონენტთა გაყოფის შესაძლებლობას განსაზღვრავს არა მარტო სვეტის ეფექტურობა, არამედ ისეთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი, როგორიცაა გაყოფის კოეფიციენტი, რომელიც აგრეთვე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე.

ტემპერატურა გავლენას ახდენს გახსნილი ნივთიერების მდგრადობაზე. იმ შემთხვევაში, როცა შესამჩნევია გახსნილი ნივთიერების დანაკარგი, უნდა შეირჩეს ნაკლებ რეაქციისუნარიანი შემავსებელი ანდა დაწეულ იქნას ტემპერატურა, ზოგჯერ ამ ორ პროცესს ერთდროულად ატარებენ. აღსანიშნავია, რომ ხშირად ხმარობენ პოლარულ შემავსებელს. ასეთ შემთხვევაში 1%-ით და უფრო მეტად უნდა შემცირდეს მყარი გადამტანის ზედაპირზე განაწილებული უძრავი თხევადი ფაზის რაოდენობა.

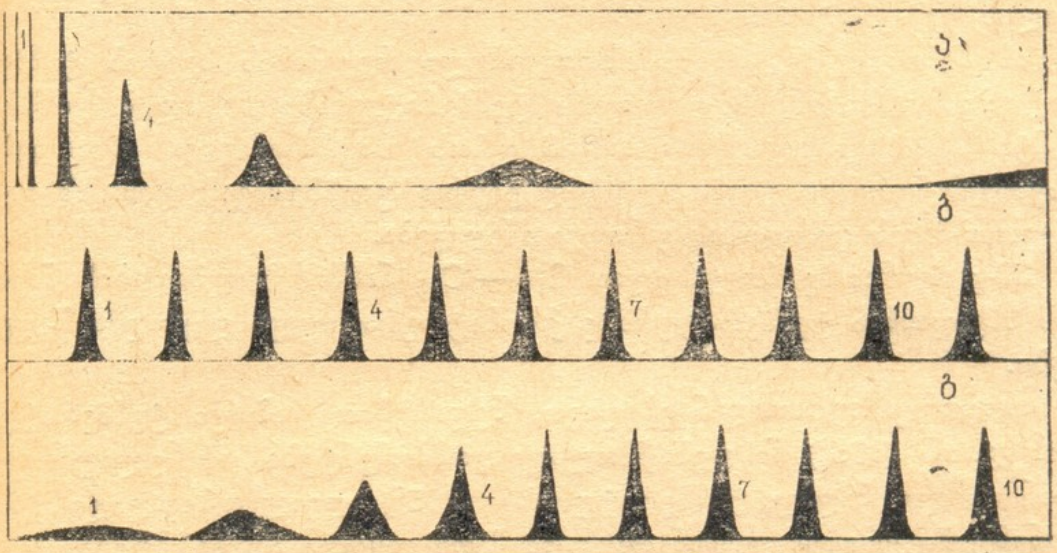
უძრავი თხევადი ფაზების შერჩევისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ტემპერატურული ფაქტორის გათვალისწინებას. ბევრი ძლიერ სელექტური უძრავი თხევადი ფაზა მაღალი ტემპერატურის პირობებში ამჟღავნებს აქროლადობას, ანდა იშლება. დიდ სიძნელეებს ქმნის ნულოვანი ხაზის არამდგრადობა, რომელიც თხევადი ფაზის გაზრდილი აქროლადობითაა გამოწვეული, ამავე დროს, აორთქლებული ფაზა ანდა მისი დაშლის პროდუქტები გაივლიან დეტექტორში (რაც იწვევს ნულოვანი ხაზის მდგრადობის დარღვევას) და ამასთანავე, დააბინძურებენ ცალკეულ კომპონენტთა შეგროვებულ ფრაქციებს. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ უძრავი თხევადი ფაზების შერჩევისას ყურადღება უნდა მიექცეს მათ ე. წ. ტემპერატურულ „შესაძლებლობებს“ გასაყოფ კომპონენტთა ბუნების გათვალისწინებით.

### ქრომატოგრაფიული ანალიზის დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმი

ორგანულ ნაერთთა კვლევის საანალიზო პრაქტიკაში გაზური ქრომატოგრაფიის წარმატებით გამოყენების საქმეში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქრომატოგრაფიული რეჟიმის შერჩევას, რადგან უპირველეს ყოვლისა ამ მნიშვნელოვან ფაქტორზე არის დამოკიდებული საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა გაყოფის ეფექტურობა.

გაზურ ქრომატოგრაფიაში გამოყენებულია სამი, ერთმანეთისაგან განსხვავებული ქრომატოგრაფიული რეჟიმი, რომელთა შერჩევა და-

მოკიდებულია კონკრეტული ამოცანის მიზანდასახულობასა და ხასიათზე. 32-ე სურათზე წარმოდგენილია სამი ქრომატოგრამა, რომელნიც ცალკეულად განეკუთვნებიან ქრომატოგრაფიული რეჟიმის სახეებს. 32-ე ა სურათზე ნაჩვენებია რამდენიმე ჰომოლოგის ნაზავის ქრომატოგრამა, რომელსაც ი ზ ო თ ე რ მ უ ლ ი ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა მ ა ეწოდება. აქ ჰომოლოგიური რიგის მომდევნო წევრთა პიკები გეომეტრიული პროგრესიით ნაწილდება. როგორც ვხედავთ, როცა ჰომოლოგიური რიგის მომდევნო წევრთა შესაბამისი პიკები განრთხმული და ფართოთავიანია, ნულოვანი ხაზისაგან ძნელად გამოირჩევა.




სურ. 32. სხვადასხვა ქრომატოგრაფიული რეჟიმისას მიღებული ქრომატოგრამები: ა) იზოთერმული ქრომატოგრამა; ბ) დაპროგრამებული რეჟიმით მიღებული ქრომატოგრამა; ბ) დაპროგრამებული რეჟიმით ნიმუშის ნელი შეტანის გზით მიღებული ქრომატოგრამა.

32-ე ბ სურათზე ნაჩვენებია ზემოაღნიშნულ იმავე ჰომოლოგთა ნაზავის ქრომატოგრამა ტ ე მ პ ე რ ა ტ უ რ ი ს დ ა პ რ ო გ რ ა მ ე ბ ი თ. როგორც ვხედავთ, პიკების ფორმები ერთმანეთის მსგავსია, ისინი გამოსახავენ მიახლოებით არითმეტიკულ პროგრესიას შეკავებულ მოცულობებსა და ნახშირბადის ატომების რიცხვს შორის და გვიჩვენებენ, რომ ტემპერატურის დაპროგრამებით შეგვიძლია დავყოთ უფრო მეტი კომპონენტი, ვიდრე ანალიზის იზოთერმული რეჟიმით.

32-ე გ სურათზე ნაჩვენები ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა მ ა სვეტში ნიმუშის თანდათანობითი (ნელი) შეტანის გზით არის მიღებული, როცა დაყოფა მიმდინარეობს დ ა პ რ ო გ რ ა მ ე ბ ულ ტ ე მ პ ე რ ა ტ უ რ ულ რ ე ჟ ი მ შ ი. ამგვარი დაყოფის პირობებში შესაძლებელია მახვილთავიანი და მაღალი პიკების მიღება, მიუხედავად იმისა, რომ

ნიმუშის სვეტში შეტანა ნელი ტემპით ხორციელდება. საწყისი პიკების სიგანე გამოწვეულია ნიმუშის ნელი შეტანით. შემდგომი პიკები კი დაპროგრამებული ტემპერატურის ზეგავლენით ვიწროვდება და მაღლდება.

## დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის შერჩევის აუცილებლობა

საკვლევ ნაერთთა დაყოფისათვის დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის შერჩევისას საჭიროა შესაძლებლობის ფარგლებში გავითვალისწინოთ დასაყოფ ნაზავთა ცალკეული კომპონენტების დუღილის ტემპერატურა.

იმ შემთხვევაში, როცა იზოთერმული რეჟიმისას სვეტის ტემპერატურა კომპონენტის დუღილის ტემპერატურაზე მაღალია, კომპონენტი სწრაფად ელიუირდება; ამ დროს საგრძნობლად მცირდება დაყოფის ხარისხი და პიკი მეტად ვიწრო ფორმის გამოდის. ხშირად ამგვარი პიკის ფართობის გაზომვა ძნელდება.

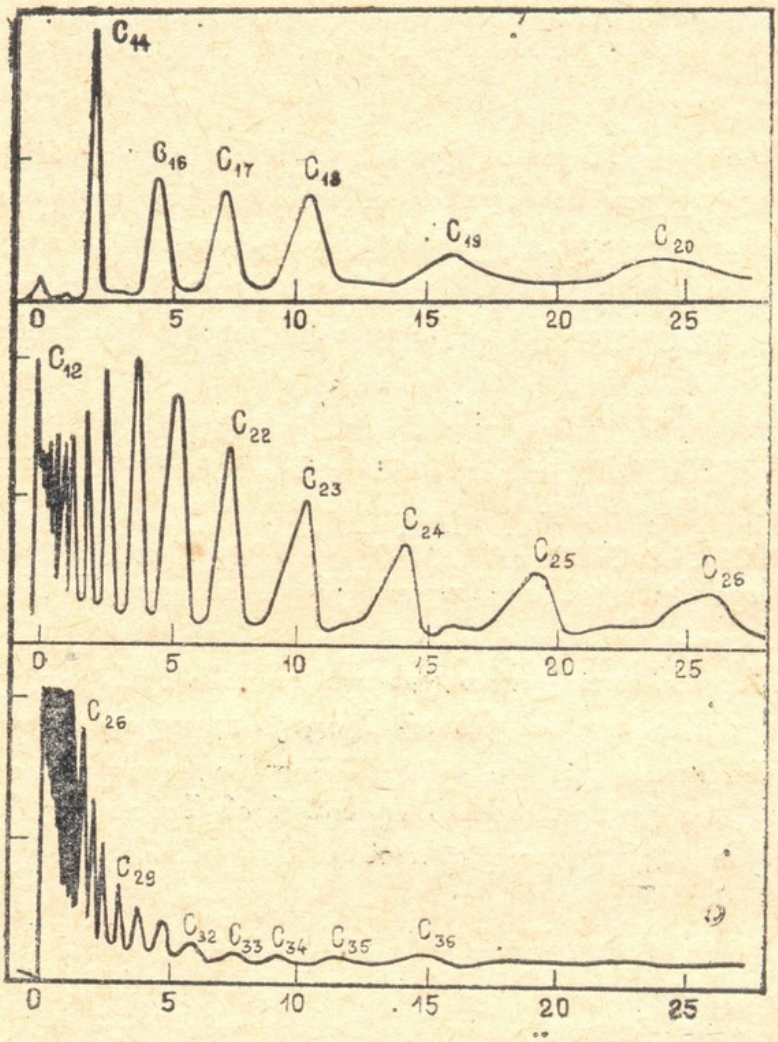
33-ე სურათზე მოცემულია $C_{14}$ — $C_{36}$ ნახშირწყალბადების ნაზავის სხვადასხვა ტემპერატურაზე ქრომატოგრაფიული დაყოფის შედეგები.

როგორც სურათიდან ვხედავთ, შედარებით დაბალი ტემპერატურის დროს (175°) ნაკლებაქროლადი კომპონენტები არ ელიუირდებიან, ხოლო მაღალ ტემპერატურაზე (285°) ადვილადქროლადი კომპონენტები ერთად იყრიან თავს და მათი გაყოფა არ ხერხდება.

დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის გამოყენების დროს ზემოაღნიშნულ არასასურველ მოვლენებს ადგილი არა აქვს, ტემპერატურის დაპროგრამება საშუალებას იძლევა მიღწეულ იქნას საკმაოდ განსხვავებული დუღილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტთა ნაზავის ეფექტური გაყოფა, განსაკუთრებით, კაპილარული სვეტების გამოყენების შემთხვევაში.

საანალიზო პრაქტიკაში ხშირად საქმე გვაქვს უცნობი შემადგენლობის ნაზავთან, რომლის შემადგენლობაში შესაძლოა შედიოდეს სავსებით უცნობი კომპონენტები, გაუთვალისწინებელი გარეშე რეაქციების პროდუქტები და სხვა, რომელთაც ერთმანეთისაგან საკმაოდ განსხვავებული დუღილის ტემპერატურა აქვთ. ამგვარი ნაზავის ანალიზისას პირველი მართებული ნაბიჯი იქნება ფართო ზღვრებში დაპროგრამებული ტემპერატურისა და არაპოლარული უძრავი ფაზის გამოყენება. ერთი ანალიზიც კი საშუალებას მოგვცემს გავიცნოთ ნაზავის შემადგენლობას, ზოგადი წარმოდგენა შეგვექმნას შემადგენელ ნაერთთა ტიპზე, რაც შემდგომი უფრო ზუსტი განსაზღვრის წინაპირობა იქნება.

დაპროგრამების პირობების შერჩევისას შემდეგი ემპირიული წესი უნდა იქნას გათვალისწინებული: დაპროგრამება მიზანშეწონილია მაშინ, როცა დუღილის ტემპერატურათა დიაპაზონი 50°C-ს უტოლდება




სურ. 33. $C_{14}$ — $C_{36}$ ნახშირწყალბადების ნაზავის დაყოფა სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში (175° — 226° — 285°C).

ბა. ამ დიაპაზონის გაზრდისას მკვეთრად იზრდება დაპროგრამების გამოყენების აუცილებლობა.

დაპროგრამებულ ტემპერატურულ რეჟიმზე არჩევანის შეჩერების შემდეგ უნდა შეირჩეს სამუშაო პირობები: უძრავი ფაზა, გადამტანი გაზი, სვეტის ტიპი (დასატვირთი ან კაპილარული), სვეტის სიგრძე, პროგრამის ტემპერატურული ზღვრები, გახურების სიჩქარე და გაზის ნაკადის სიჩქარე.

ზემოაღნიშნულ ფაქტორთა უმეტესობა ურთიერთკავშირში იმყოფება და დამოკიდებულია საანალიზო ნივთიერებათა თვისებებზე, აგ-

რეთვე ანალიზის სიზუსტესა და მის სიჩქარეს შორის სასურველ შეფარდებაზე. რაც უფრო მეტი ვიცით საანალიზო ნაზავის შემადგენლობის შესახებ, მით უფრო ეფექტურია დაპროგრამების პირობების შერჩევა.

## დაპროგრამების პირობები

*საწყისი ტემპერატურა.* საწყისი ტემპერატურის შერჩევა დამოკიდებულია საანალიზო ნაზავის უფრო მეტად აქროლადი კომპონენტების დუღილის ტემპერატურაზე. დასატვირთი სვეტებისათვის არ არის აუცილებელი შევარჩიოთ ყველაზე მაღალაქროლადი ნივთიერების დუღილის ტემპერატურაზე დაბალი საწყისი ტემპერატურა.

იმ შემთხვევაში, როცა საანალიზო ნიმუში შედგება რამდენიმე ადვილად აქროლადი კომპონენტისაგან, გაყოფა შეიძლება დავიწყოთ ოთახის ტემპერატურაზეც.

თავდაპირველად გაყოფას იწყებენ იზოთერმულად ანდა ტემპერატურის ოდნავი მომატებით; ხოლო შემდეგ თანდათან ზრდიან ტემპერატურას. თუკი ადვილად აქროლადი კომპონენტები ცუდად იყოფიან, უნდა შევარჩიოთ უფრო დაბალი საწყისი ტემპერატურა.

იმ შემთხვევაში, თუ ნიმუში არ შეიცავს ადვილად აქროლად კომპონენტებს, საწყისი ტემპერატურაც შეიძლება მაღალი იყოს.

დაბალ საწყის ტემპერატურას იყენებენ იმ შემთხვევებშიც, როცა ნიმუში სვეტში ხანგრძლივი დროის განმავლობაში (თანდათანობით) შეაქვთ.

*საბოლოო ტემპერატურა და ტემპერატურული ზღვრები.* იდეალურ შემთხვევაში დაპროგრამების საბოლოო ტემპერატურა განისაზღვრება ყველაზე ნაკლებაქროლადი კომპონენტის დუღილის ტემპერატურით. ჩვეულებრივი დასატვირთი სვეტებისათვის საბოლოო ტემპერატურა უახლოვდება ყველაზე ნაკლებაქროლადი კომპონენტის დუღილის ტემპერატურას. საბოლოო ტემპერატურის ზედა ზღვარი შეიძლება დამოკიდებული იყოს სხვა, პრაქტიკულად მნიშვნელოვან ფაქტორებზე, როგორიცაა უძრავი ფაზის ანდა თვით კომპონენტების ტემპერატურული სტაბილურობა. ამ შემთხვევებში მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნაეროების ელუირებისათვის მიმართავენ იზოთერმულ რეჟიმს საბოლოო ტემპერატურაზე.

ამგვარად, ტემპერატურის დაპროგრამების ზღვრები დამოკიდებულია ყველაზე მაღალი და ყველაზე დაბალი აქროლადობის მქონე კომპონენტთა დუღილის ტემპერატურებზე, აგრეთვე იმ ტემპერატუ-

რულ შეზღუდვებზე, რომლებიც დაკავშირებულია ნიმუშისა და უძ-
ეროვნული ბიბლიოთეკა
რავი ფაზის სტაბილურობასთან.

ისეთი საანალიზო ნაზავისათვის, რომელიც შედგება 0 — 400°-ის ინტერვალში მდებარე დუღილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტებისაგან, დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის ზღვრები იქნება 50° — 350°. იმ შემთხვევაში, თუკი საბოლოო ტემპერატურა (350°) მეტად მაღალია უძრავი ფაზისათვის, შეიძლება შეირჩეს სხვა პროგრამა და სვეტის შემავსებელი.

უმრავლეს შემთხვევაში, საანალიზო პრაქტიკაში გამოყენებული პროგრამები, შედგენილია საშუალოდ 50°-დან 250°-მდე ფარგლებში.

იმდენად, რამდენადაც ყოველდღიურად დღის წესრიგში დგება სულ უფრო რთული ნაზავების გაყოფის აუცილებლობა, თვალსაჩინოდ იზრდება დაპროგრამების ტემპერატურული ზღვრების გაფართოების ტენდენცია.

## გახურების სიჩქარე, გაზის ნაკადის სიჩქარე

გახურების სიჩქარე, გაზის ნაკადის სიჩქარე და საწყისი ტემპერატურა მოცემული სვეტისათვის ცვალებადი სიდიდეებია და მათი ექსპერიმენტალურად შემოწმება ძნელი არ არის.

ნაკადისა და გახურების სიჩქარეს განსაზღვრავენ ანალიზის დროს. გახურებისა და გაზის ნაკადის დიდი სიჩქარე შესაძლებლობას იძლევა შემცირდეს ანალიზის დრო. ეს მეტად მნიშვნელოვანი გარემოებაა და დამოკიდებულია ქრომატოგრაფირების კონკრეტულ პირობებზე. გახურების სიჩქარის გაზრდისას ანალიზის დროის შემცირება უფრო ეფექტური ხდება, ვიდრე ნაკადის სიჩქარის გაზრდისას.

გახურების სიჩქარის შერჩევის დროს მონახული უნდა იქნას კომპრომისული დამოკიდებულება ანალიზის დროსა, დეტექტირების ოპტიმალურ პირობებსა და დაყოფის ხარისხს შორის. ამგვარი დამოკიდებულების გამოძებნა დამოკიდებულია საანალიზო ნიმუშის ხასიათზე და ამ დროს შესაძლებელია საჭირო გახდეს ისეთი პროგრამის გამოყენება, რომელიც მოითხოვს ფართო ზღვრებში გახურების სიჩქარის განუწყვეტელ ცვლილებებს.

იმ შემთხვევაში, როცა ანალიზის დროის შემცირებისათვის მიმართავენ გახურების სიჩქარის გაზრდას, გაყოფის ხარისხის შემცირებამ შესაძლოა საჭირო გახადოს სვეტის სიგრძის მომატება, რათა მივიღოთ თეორიული თეფშების უფრო დიდი რიცხვი.

თუ კომპონენტთა პიკები ქრომატოგრამაზე ახლოს არიან ან ურთიერთს ფარავენ და ეს გამოწვეულია ტემპერატურული რეჟიმით, საჭიროა გახურების სიჩქარე შემცირდეს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის გამოყენების დროს უძრავი ფაზის შერჩევას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება.

უძრავი ფაზა უნდა პასუხობდეს ყველა იმ მოთხოვნას, რომლებიც განპირობებულია დაპროგრამების საწყისი და საბოლოო ტემპერატურებით.

ადრე დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის გამოყენებისას ფართოდ იყო გავრცელებული ისეთი მყარი ადსორბენტები, როგორიცაა ალუმინის ჟანგი, ნახშირი, სილიკაგელი და მოლეკულური საცრები (უპირატესად მათი ფართო ტემპერატურულ ზღვრებში გამოყენების შესაძლებლობის გამო). მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ თერმიულად სტაბილური სითხეების გამოყენების შემდეგ ზემოაღნიშნული ადსორბენტებისადმი ყურადღება ერთობ შემცირდა.

საანალიზო პრაქტიკაში ერთგვაროვანი პოლარული და არაპოლარული ზედაპირების მქონე ნივთიერებათა გავრცელების გამო გადაილახა ის სიძნელეები, რომელიც დაკავშირებული იყო მყარი ნივთიერებების გამოყენებისას. სახელდობრ — არათანაბარი და შეუქცევადი ადსორბცია, რაც თავის მხრივ იწვევდა დიაგრამაზე პიკების ასიმეტრიასა და მკვეთრ შეკავებას.

უძრავი თხევადი ფაზების შერჩევა შეზღუდულია საწყისი და საბოლოო ტემპერატურის ზეგავლენით გამოწვეული ურთიერთსაწინააღმდეგო მოთხოვნილებებით.

ძალიან გრძელი სვეტები მეტი თეორიული თეფშით ხასიათდებიან, თუმცა ამავე დროს, მეტი „მკვდარი" მოცულობაც აქვთ. როცა საქმე ეხება გაყოფის ხარისხს, ეს ორი ფაქტორი ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მოქმედებს.

თანამედროვე საანალიზო პრაქტიკაში შეიმჩნევა უძრავი ფაზების შედარებით დაბალი კონცენტრაციების გამოყენების ტენდენცია, იმისათვის, რათა შემცირდეს წინააღმდეგობა მასის გადაცემისადმი თხევად ფაზაში. ხშირ შემთხვევაში ეს იწვევს გაყოფის გაუმჯობესებას, განსაკუთრებით მცირე რაოდენობის ნიმუშებისათვის.

უძრავი ფაზა უნდა უპასუხებდეს მთელ რიგ მოთხოვნებს, რომლებიც დაკავშირებულია ქრომატოგრაფიული პროცესის როგორც დაბალ, ისე მაღალ ტემპერატურაზე ჩატარებასთან.

თუკი სამუშაო ტემპერატურა უძრავი ფაზის ქვედა ტემპერატურულ ზღვარზე დაბალია, სვეტი ადვილად შეიძლება გადაიტვირთოს, ხოლო თუ სამუშაო ტემპერატურა ფაზის ზედა ტემპერატურულ ზღვარზე მაღალია, ნულოვანი ხაზი არამყარი ხდება და ტემპერატურის მომატებასთან ერთად უმალვე გადაიხრება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთ უძრავ ფაზას დაბალ ტემპერატურაზე მეტად მაღალი სიბლანტე ახასიათებს. საერთოდ, სითხის მაქსიმალურად დასაშვები სიბლანტის განსაზღვრა სვეტში, ჯერჯერობით შეუძლებელია.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

მაქსიმალური სიბლანტის ზღვრები შეიძლება იცვლებოდეს სვეტის შემავსებლის, თხევადი აპკის სისქის, საკვლევი ნიმუშის ბუნებისა და ტემპერატურული პროგრამის ცვლილებების ზეგავლენით.

დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის გამოყენებისას საწყისი ტემპერატურის პირობებში მაღალი სიბლანტე საშიშია ნიმუშის მხოლოდ ყველაზე მეტად აქროლადი კომპონენტებისათვის, რომელთა ელუირება დაბალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს. მაგრამ თუკი ეს კომპონენტები კარგად გაიყოფა, მაშინ ნიმუშის მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტებისათვის დასაშვები იქნება უძრავი ფაზის მაღალი სიბლანტე. ანალიზის დაწყების პროცესში მათი კონდენსირება მოხდება სვეტის შესასვლელში, სადაც ისინი ფაქტიურად უძრავ მდგომარეობაში იქნებიან, „გაიყინებიან" იქ იმ დრომდე, ვიდრე სვეტის ტემპერატურა შესამჩნევად არ აიწევს. ტემპერატურის აწევისას კი ადგილი აქვს სიბლანტის შემცირებას. იმდენად, რამდენადაც მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნივთიერებები მაშინ იწყებენ მოძრაობას, როცა სიბლანტის პირობები მათთვის უფრო ხელსაყრელია, სვეტის ეფექტურობა უმნიშვნელოდ მცირდება.

ზედა ტემპერატურულ ზღვარზე მეტად ინტენსიურია უძრავი ფაზის აორთქლება ანდა დაშლა.

ზოგიერთ ქრომატოგრაფში სვეტის გახურების მაქსიმალური ტემპერატურა შეიძლება შეიზღუდოს ნიმუშის ამაორთქლებლის რეზინის საფენის დაშლის გამო.

მაღალ ტემპერატურაზე მყარ გადამტან ფაზას შეუძლია უძრავი თხევადი ფაზის დაშლის კატალიზირება მოახდინოს. მაგალითად, ცელიტზე პოლიეთილენგლიკოლი იშლება დაუშვებელი სიჩქარით 100°C-ზე მაღლა [85], მაშინ, როცა მინის ბურთულებზე პოლიეთილენგლიკოლის ინტენსიურ დაშლას ადგილი არა აქვს 140°C-ზეც კი. დიგლიცერინი ცელიტზე მხოლოდ 50°C-მდე ინარჩუნებს მდგრადობას, ხოლო მინის ბურთულებზე მყარად ჩერდება 150°C-მდე.

ს. დალ ნოგარესა და უ. ლანგლუას მიერ [7] განსაზღვრული იქნა უძრავი თხევადი ფაზების ზედა ტემპერატურული ზღვრები თერმოგრავიმეტრული მეთოდით. ცელიტის ზედაპირზე დაჰქონდათ სხვადასხვა უძრავი ფაზა, შემდეგ ახურებდნენ აზოტის ატმოსფეროში 500°C-მდე 5 გრად/წთ სიჩქარით და საზღვრავდნენ წონის დანაკლისს. ზემოაღნიშნულ ტემპერატურულ ზღვრებში ავტორების მიერ დადგენილი იქნა, რომ ზოგიერთი უძრავი ფაზა (დიგლიცერინი, კარ-

ბოვაქს — 6000, აპიეზონ — L და სხვა) ხასიათდება 200°C-ზე მეტ ზედა ტემპერატურული ზღვარით.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

მე-6ა ცხრილში ი. მილერის, ნ. დერგესა და რ. კაიზერის [54] მონაცემების საფუძველზე წარმოდგენილია ზოგიერთი უძრავი თხევადი ფაზის ზედა ტემპერატურული ზღვრები.

დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის დროს ხშირად მიმართავენ მყარ ადსორბენტებს, ვინაიდან მათი გამოყენება შესაძლებელია ფართო ტემპერატურულ ინტერვალებში. მრავალი ადსორბენტისათვის ქვედა ტემპერატურული ზღვარი არ არსებობს. მყარი ფაზების უმეტესობა მდგრადობას ამჟღავნებს 500°C-მდე. მოლეკულური საცრები ამ ტემპერატურის ზემოთ დაშლას იწყებენ. ზოგიერთ შემთხვევაში, 300°C-ზე მაღლა შესაძლოა მოხდეს წყლის გამოყოფა ზედაპირზე ორი ჰიდროქსილური ჯგუფის კონდენსაციის დროს. ეს პროცესი მხოლოდ ნაწილობრივ არის შექცევადი და საბოლოო ჯამში იწვევს ადსორბენტის ადსორბციული თვისებების მნიშვნელოვან ცვლილებებს.

ცხრილი 6ა

**ზოგიერთი უძრავი ფაზის ზედა ტემპერატურული ზღვრები**

| უძრავი ფაზა | მაქსიმალური სამუშაო ტემპერატურა, °C | | |
|---|---|---|---|
| | მილერის მიხედვით | დერგეს მიხედვით | კაიზერის მიხედვით |
| **სითხეები** | | | |
| აპიეზონ—L [ა] | 200 | 300 | 350 |
| აპიეზონ—M [ა] | 150 | — | 275 |
| ბენზილდიფენილი | — | — | 300 |
| კარბოვაქს—400 [ბ] | 100 | — | — |
| კარბოვაქს—1000 | 125 | — | 165 |
| კარბოვაქს—1000 (მონოსტეარატი) | — | 150 | — |
| კარბოვაქს 20 M | — | 250 | 250 |
| დიგლიცერინი | 50 | — | 150 |
| დინონილფტალატი | 100 | — | — |

ა მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნახშირწყალბადური ფრაქცია,

ბ პოლიეთილენგლიკოლი, მოლეკულური წონით — 400.

| უძრავი ფაზა | მაქსიმალური სამუშაო ტემპერატურა, °C | | |
|---|---|---|---|
| | მილერის მიხედვით | დერგეს მიხედვით | კაიზერის მიხედვით |
| **სითხეები** | | | |
| ჰექსადეკანი | 50 | — | 75 |
| იგეპალ CO-880 ბ | — | 200 | — |
| LAC-728 დ | — | 225 | 225 |
| ნეოპენტილგლიკოლადიპინატი | 250 | — | — |
| პოლიეთილენგლიკოლადიპინატი | 250 | — | 200 |
| რეოპლექს — 400 ე | — | 200 | 200 |
| სილიკონური ზეთი DC-200 ვ | 175 | 225 | 225 |
| სილიკონური ზეთი QF-1 ზ | 250 | — | — |
| სილიკონური კაუჩუკი SE-30 თ | 250 | 400 | 375 |
| სილიკონური კაუჩუკი XE-60 ი | — | 250 | — |
| სკვალანი | 75 | — | 160 |
| 1, 2, 3 — ტრი — (2-ციანეტოქსი) პროპანი | — | 180 | — |
| ვერსამიდი — 900 კ | — | 300 | — |
| ქსილენოლფოსტატი | 110 | — | — |
| **მყარი ნივთიერებები** | | | |
| გააქტივებული ნახშირი | — | 450 | 500 |
| ფლორიზილი | — | 500 | — |
| მოლეკულური საცრები 5A მ | — | 450 | — |
| სილიკაგელი | — | 500 | — |

ბ ალკილფენოქსიპოლიეთილენეთანოლი,
დ პოლიდიეთილენგლიკოლსუქცინატი,
ე პოლიპროპილენგლიკოლადიპინატი,
ვ მეთილსილიკონური სითხე,
ზ ტრიფტორპროპილმეთილსილიკონური სითხე,
თ მეთილფენილვინილსილიკონური ელასტომერი,
ი ციანეთილური ჯგუფების შემცველი სილიკონური კაუჩუკი,
კ პოლიამიდური ფისი,
ლ სინთეზური ადსორბენტი,
მ სინთეზური ცეოლიტი.

მაღალი ტემპერატურის პირობებში მეტად საშიშია ნიმუშის კატალიზური დაშლა, უფრო მეტად მყარ უძრავ ფაზაზე, ვიდრე მყარ თხევად ფაზაზე. ეს მოვლენა უფრო მეტად დამახასიათებელია სილიკაგელიანი სვეტებისათვის.

ტემპერატურის დაპროგრამების ღირსებად მყარი ადსორბენტების გამოყენებისას ითვლება ის, რომ გახურების მეორადი და შემდგომი ციკლების დროს ადსორბენტის თვისებები სტაბილიზირდება, რაც ხელს უწყობს ანალიზის უფრო მყარი და მუდმივი პარამეტრების მიღებას.

საერთოდ, თუკი გვსურს თავიდან ავიცილოთ ზედაპირის ადსორბციული თვისებების ცვლილებები, მიზანშეწონილია გახურების ტემპერატურა, უკანასკნელი პიკის შეკავების ტემპერატურაზე 50°C-ით მაღალი იყოს.

## მყარი ინერტული გადამტანი

გაზურ-სითხურ ქრომატოგრაფიაში ინერტული გადამტანი უნდა აკავებდეს უძრავ ფაზას თანაბარზომიერი, მუდმივი სისქისა და დიდი ზედაპირის მქონე აპკის სახით. მცირე რაოდენობის უძრავი ფაზით მყარი გადამტანის ზედაპირის დაფარვისას თავს იჩენს ზოგიერთი სიძნელე, ვინაიდან თხევადი ფაზა თანაბრად განაწილების მაგივრად, შეიძლება ცალკეულ ადგილებში მოგროვდეს, რაც გამოიწვევს გადამტანის დაუფარავ ზედაპირზე ადსორბციას. გარდა ამისა, მაღალ ტემპერატურაზე მყარ გადამტანს ძალუძს მოახდინოს უძრავი ფაზისა ან საკვლევი ნიმუშის შემადგენელ კომპონენტთა კატალიზირება.

მცირე %-ლი რაოდენობით უძრავი ფაზა ეფექტურია სვეტიდან დაბალ t° რეჟიმში საკვლევი ნაზავის კომპონენტთა ელუირებისათვის მათ დუღილის ტემპერატურასთან შედარებით.

## სვეტის სტაბილიზაცია

ქრომატოგრაფიული სვეტი შემავსებლით დატვირთვის შემდეგ ანალიზის ჩატარებამდე უნდა მომზადდეს, რაც გულისხმობს მის სტაბილიზაციას. სტაბილიზაციის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ სვეტში ატარებენ გადამტან გაზს იმ ტემპერატურის პირობებში, რომელიც უტოლდება ანდა რამდენადმე აჭარბებს მაქსიმალურ სამუშაო ტემპერატურას. სვეტში გაზს ატარებენ იმ დრომდე, ვიდრე დიაგრამის ქაღალდზე ნულოვანი ხაზი სტაბილური არ გახდება.

სვეტის სამუშაოდ მომზადების პროცესში მასში მიმდინარეობს ცვლილებები, რომლებიც სხვადასხვა ხასიათისაა. ზოგიერთი ცვლილება ხანმოკლეა და მთავრდება სტაბილიზაციის დამთავრებისთანავე, ხოლო ზოგიერთი მათგანი კი მუშაობის პროცესში განუწყვეტლივ მიმდინარეობს. ამიტომ საჭიროა სვეტის სამუშაოდ მომზადებისას ისინი მინიმუმამდე დავიყვანოთ.

ერთ-ერთი ძირითადი ცვლილება, რომელიც სვეტში მიმდინარეობს, მყარი გადამტანის ზედაპირსა და მისი მარცვლების შიგნით არსებულ კაპილარულ ფორებს შორის უძრავი ფაზის გადანაწილებაში მდგომარეობს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

სტაბილიზაციის პროცესში უძრავი ფაზის ნაწილობრივი ან მთლიანი აორთქლება იწვევს მყარი გადამტანის ზედაპირზე ნიმუშის ადსორბციის გაზრდას. თუკი უძრავი ფაზა შედგება რამდენიმე ნივთიერებისაგან, მისი თვისებები იცვლება შედარებით ადვილადაქროლადი ფრაქციების აორთქლების გამო.

სტაბილიზაციის პროცესში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ისეთ ქიმიურ რეაქციებს, როგორიცაა დაჟანგვა, დაშლა და დეჰიდრატაცია. საჭიროა აღინიშნოს, რომ სტაბილიზაციის პროცესში შესაძლოა ნივთიერებათა აორთქლება ამაორთქლებლის რეზინის საფენიდან მოხდეს.

## გადამტანი გაზი

დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის გამოყენების დროს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება გადამტანი გაზის სისუფთავესა და მისი სიბლანტის ცვლილებებს ტემპერატურისაგან დამოკიდებულებით.

იმ შემთხვევაში, როცა გადამტანი გაზი შეიცავს ისეთ მინარევებს, რომლებიც დაბალ ტემპერატურაზე შეკავდებიან სვეტში, ხოლო მაღალ ტემპერატურაზე ელუირდებიან, მაშინ ნულოვანი ხაზის სტაბილურობა გაუარესდება. იზოთერმული რეჟიმის პირობებში ამ მინარევებმა შესაძლებელია, არ გამოამჟღავნონ უარყოფითი ზეგავლენა.

როცა გადამტან გაზში მინარევების რაოდენობა სვეტში შესვლისას და სვეტიდან გამოსვლისას ერთნაირია, დიაგრამაზე ნულოვანი ხაზი სტაბილურია.

საერთოდ, მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას ქიმიურად სუფთა გადამტანი გაზები, თუმცა შესაძლებელია მათი წინასწარი გაწმენდა ადსორბენტიან სვეტში გატარების ან სხვა გზით.

დაპროგრამებული რეჟიმისას გადამტან გაზში დასაშვები მინარევების რაოდენობა განისაზღვრება დეტექტორის ტიპით. თუკი გამოყენებულია კატარომეტრი, დესორბციისა და წყლის ელუირების შედეგად სიგნალი შედარებით უფრო მაღალ ტემპერატურაზე იქნება მიღებული.

გადამტანი გაზის მინარევთა მომავალ ქრომატოგრამაზე შესაძლებელი ზეგავლენის შესამოწმებლად შეიძლება ჩატარდეს უქმი ცდა: სვეტში შეჰყავთ ჰაერის ნიმუში, ანდა სრულებით არაფერი. თუკი

ქრომატოგრამაზე არ აღმოჩნდება დიდი პიკები, ნარჩენი აბსორბცია მისაღებად ჩაითვლება.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

თუ სვეტი დიდი ხნის განმავლობაში დაბალი ტემპერატურის პირობებში მუშაობდა, აუცილებელია ჩატარდეს გახურების უქმი ციკლი, რათა შემდეგ ანალიზამდე სვეტიდან გამოვდევნოთ დაგროვილი ნივთიერებანი.

ხშირად საანალიზო ნაზავთან ერთად სვეტში შეჰყავთ ჰაერი, რათა ქრომატოგრამაზე მიიღონ მისი პიკი. დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ თუ უძრავი ფაზა მგრძნობიარეა ჰაერის მიმართ, ის გამოვა სვეტიდან მაშინ, როცა ტემპერატურა ჯერ კიდევ დაბალია და ჟანგბადთან ქიმიურ რეაქციებს ადგილი არა აქვს. როცა ტემპერატურა საკმაოდ გაიზრდება, სვეტში იქნება მხოლოდ სუფთა გადამტანი გაზი.

## დასკვნა

ტემპერატურის დაპროგრამება წარმოადგენს მეტად ეფექტურ საშუალებას უცნობი შემადგენლობის საანალიზო ნარევის ანალიზისათვის. მას ენიჭება უპირატესობა მაშინ, როცა საანალიზო ნაზავი შედგება 50° — 100°C-ზე მეტი დუღილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტებისაგან, აგრეთვე, როცა საჭიროა სვეტში ნიმუშ-ს შეტანა არა ერთდროულად (მყისიერად), არამედ თანდათანობით, გარკვეული დროის განმავლობაში.

დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის შერჩევა დამოკიდებულია კიდევ ისეთ ფაქტორებზე, როგორიცაა ანალიზის სიზუსტისა და დეტექტირების მგრძნობიარობის ზღვარის გაზრდა, აგრეთვე, ანალიზის დროის შემცირება.

დაპროგრამებული რეჟიმის საწყისი და საბოლოო ტემპერატურების შერჩევა ხდება კომპონენტების ყველაზე დაბალი და ყველაზე მაღალი დუღილის ტემპერატურების მიხედვით.

გაყოფის ოპტიმალური პირობების მიღწევისათვის გახურებისა და გაზის ნაკადის სიჩქარე ძალიან დიდი არ უნდა იყოს. საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა შესაბამისი პიკების რიცხვი ქრომატოგრამაზე დამოკიდებულია სვეტის ეფექტურობაზე, შინაგანი გაყოფის ხარისხზე და პროგრამის ტემპერატურულ ზღვრებზე.

ანალიზის სწრაფად ჩატარებისათვის აუცილებელია გახურებისა და გაზის ნაკადის დიდი სიჩქარე, ამასთანავე, გახურების დიდი სიჩქარე უფრო ეფექტურია უფრო მეტად შეკავებადი კომპონენტებისათვის.

დაპროგრამებული ტემპერატურისას ქრომატოგრაფიულ სვეტში საანალიზო ნიმუშის შეტანის მაქსიმალურად დასაშვები დრო შეიძ-ლება იყოს უფრო ხანგრძლივი, ვიდრე იზოთერმული რეჟიმის პირობებში, ისე, რომ სვეტის ეფექტურობა არ გაუარესდეს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

დაბალ საწყის ტემპერატურაზე შეიძლება ნიმუშის ნელი შეტანა ქრომატოგრაფიულ სვეტში და ამავე დროს გაყოფის მაღალი ხარისხისა და მაღალი მგრძნობიარობის მიღწევა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ არამდგრად ნაერთთა ქიმიური გარდაქმნების შესაძლებლობა ამგვარ პირობებში მინიმუმამდეა დაყვანილი.

გაზურ ქრომატოგრაფიაში დიდმნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს უძრავი თხევადი ფაზის შერჩევა. დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმის გამოყენებისას ფაზის შერჩევის შესაძლებლობანი რამდენადმე შეზღუდულია იმდენად, რამდენადაც უძრავი ფაზების მხოლოდ მცირე ნაწილს ახასიათებს დამაკმაყოფილებელი თერმული სტაბილობა მაღალი საბოლოო ტემპერატურის პირობებში.

გადამტანი გაზი უნდა იყოს ქიმიურად იმდენად სუფთა, რომ მაღალ ტემპერატურაზე თავიდან ავიცილოთ გაზის შენარევთა ელჟუირება (როცა დაბალ ტემპერატურაზე სვეტი აკავებს ამ შენარევებს).

აუცილებელ პირობად ითვლება დატვირთული სვეტების სტაბილიზაცია გადამტანი გაზის ნაკადში მაქსიმალურ სამუშაო ტემპერატურაზე.

## ბ) საკვლევი ნიმუშის საანალიზოდ მომზადება

კვლევის სხვა მეთოდებთან შედარებით გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის მეთოდით შეიძლება რთული ნაერთები დაიყოს ცალკეულ კომპონენტებად, მოხდეს ზუსტი დაკვირვება ნივთიერებათა ცვლილებებზე, გარდაქმნებსა და მიმდინარე პროცესებს შორის კავშირზე, აიხსნას და დახასიათდეს კვების პროდუქტთა არომატულ ნივთიერებათა ბუნება.

ყურძნის პროდუქტები არომატისა და ბუკეტის განმსაზღვრელ კომპონენტებს ძირითადად იმდენად მცირე რაოდენობით შეიცავენ, რომ მათი აღმოჩენა და დახასიათება მეტად ძნელია მეღვინეობაში გავრცელებული კვლევის ჩვეულებრივი ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების საშუალებით.

ჯერ კიდევ რამდენიმე ხნის წინ, გერმანელმა მეცნიერებმა ე. ხენიგმა და ე. ვილფორტმა [86], აგრეთვე ა. ფრეიმ და დ. ვეგენერმა [75], ბუკეტოვან ნაერთთა გამოყოფის მიზნით, გამოიყენეს ღვინო დიდი რაოდენობით (360 — 1000 ლ.).

ასევე, ბუკეტოვან ნაერთთა განსაზღვრის მიზნით დიდი რაოდენობით ყურძენი (ტონობით) და ღვინო (1000 ლ) გამოიყენეს ამერიკელმა მკვლევარმა ა. ჰაგენ-სმიტმა, რ. ხიროსავამ და ტ. ვანგმა [83], რ. იკედმა, ა. უებმა და რ. კეპნერმა [89], რ. კეპნერმა და ა. უებმა [97] და სხვ.

გაზურ-ქრომატოგრაფიული მეთოდი ამჟამად ფართოდ გამოიყენება სპირტიანი სასმელების შემადგენელ ნაერთთა კვლევის საქმეში [6, 20, 21, 23, 24, 28, 34, 36, 39, 40, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 74, 75, 76, 80, 90, 92, 93, 102, 103, 105, 113, 114, 116, 118, 119, 120, 126 და სხვა].

გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიის მეთოდის შემუშავება მასტიმულირებელ ფაქტორად იქცა აქროლად ნაერთთა კვლევის საქმეში. მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვადასხვა დარგში დღეს ფართოდ გამოიყენება ეს მეთოდი, რასაც სპეციალური მონოგრაფიები მიეძღვნა [2, 3, 4, 5, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 25, 27, 32, 35, 37, 42, 43, 44, 45, 50, 52, და სხვა].

## ექსტრაქცია და მისი სახეები

ყურძნის პროდუქტთა საანალიზო ნიმუშების ქრომატოგრაფირებისათვის მომზადების ერთ-ერთ გავრცელებულ მეთოდად ექსტრაქცია ითვლება.

მაღალხარისხოვანი ექსტრაქციისათვის საჭიროა შეირჩეს შესაფერისი გამხსნელი, რომელსაც მაქსიმალურად დაბალი დუღილის ტემპერატურა ექნება. ეს უკანასკნელი პირობა აუცილებლად უნდა იქნას დაცული იმისათვის, რომ ექსტრაქციის დამთავრების შემდეგ ექსტრაქტს ადვილად მოსცილდეს გამხსნელი ისე, რომ საანალიზო ექსტრაქტის შემადგენელ კომპონენტთა დანაკარგი გამხსნელის აორთქლებისას მინიმუმამდე დავიყვანოთ.

ექსტრაგენტების შერჩევა, ექსტრაგირების პირობები დამოკიდებულია საანალიზო პროდუქტთა ბუნებასა და ზოგიერთ სხვა ფაქტორზე.

ექსტრაგირების ტექნიკა მრავალფეროვანია. საანალიზო პრაქტიკაში უმეტესად გამოყენებულია ჩვეულებრივი გამყოფი ძაბრი, რომელიც ხშირად ექსტრაქციის საკმაოდ დამაკმაყოფილებელ შედეგებს იძლევა, სპეციალური ექსტრაქტორი მჭროლავ ნაერთთა ექსტრაქციისათვის და სხვა მოწყობილობანი.

აქროლად ნაერთთა ექსტრაქციისათვის გამოიყენება პენტანი, პენტან-დიეთილეთერის ნაზავი, მეთილენის ქლორიდი და სხვ. [8, 21, 22, 41, 73, 79, 82, 130, 131 და სხვ.].

უმაღლესი ალკოჰოლებისა და რთული ეთერების პენტანით ექსტრაქციას ის უპირატესობა აქვს, რომ ამ გამხსნელს საკვლევი არედან თითქმის არ გამოაქვს წყალი და სუსტად წვლილავს ეთანოლს, რომელიც ქრომატოგრაფიული ანალიზისას შეიძლება ხელშემშლელი პირობა იყოს. პენტანი დუღს დაბალ ტემპერატურაზე (36,1°C) და ექსტრაქტისაგან მისი მოცილება ოთახის ტემპერატურაზე მეტად იოლია.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

იონიზაციური და აალებად-იონიზაციური დეტექტორების შექმნის შემდეგ ზოგიერთმა მკვლევარმა სცადა საკვლევი სითხე (ღვინო, კონიაკის სპირტი და სხვა) ექსტრაქციის გარეშე შეეტანა საანალიზო სვეტში, ვინაიდან ზემოაღნიშნული დეტექტორები არ აფიქსირებენ წყალს [62, 128, 109, 115]. ამ მეთოდის უპირატესობა ის არის, რომ იგი საშუალებას გვაძლევს უშუალოდ საკვლევ არეში განვსაზღვროთ არომატული კომპონენტები და თავიდან ავიცილოთ რაოდენობრივი ცდომილებები დანაკარგების სახით, რომელიც დაკავშირებულია საკვლევი არის ექსტრაქციის პროცესთან.

რ. კეპნერმა, ჰ. მარსემ, ი. სტრატინგმა [95], რ. კეპნერმა, ი. სტრატინგმა [96] ჭურჭელში საკვლევი სითხის თავზე არსებული საჰაერო სივრციდან ამოტუმბეს ბუკეტოვან ნივთიერებათა ორთქლით გაჟღენთილი ჰაერი და სვეტში 55°C ტემპერატურაზე შეიტანეს. ავტორთა მონაცემების მიხედვით, ამ მეთოდით შესაძლებელია განისაზღვროს აქროლადი კომპონენტები 0,0001%-მდე შემცველობით.

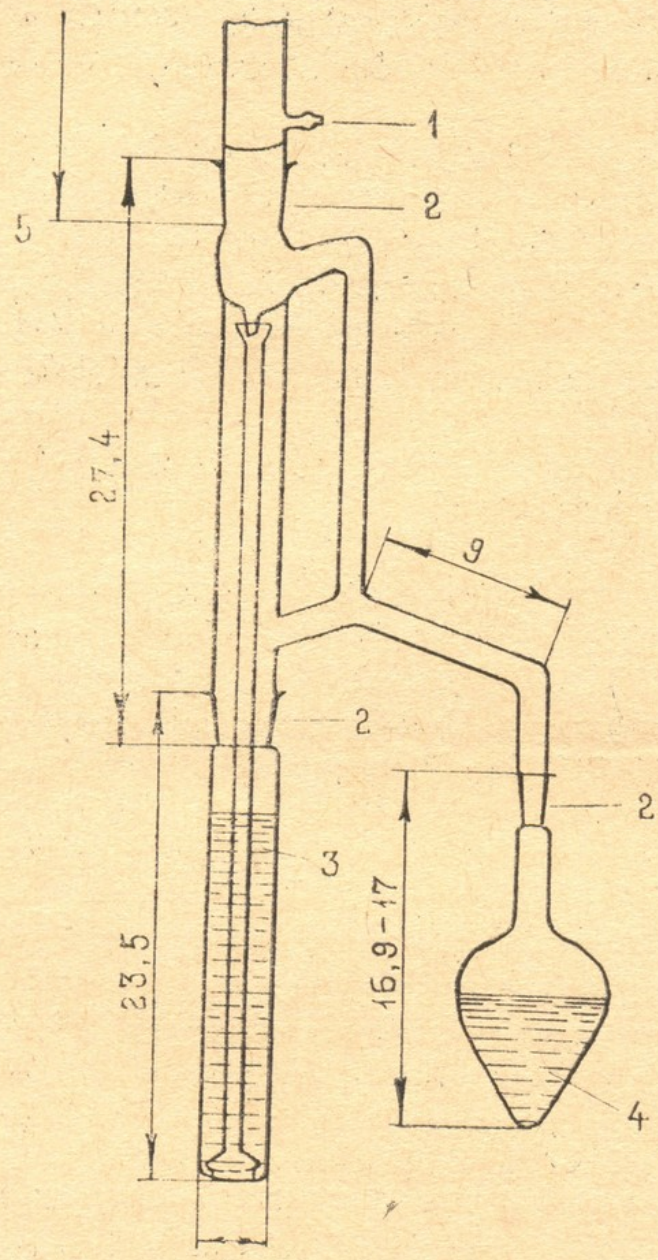
ამ მეთოდს ერთი უარყოფითი მხარე აქვს: ბუკეტის ზოგიერთი შემადგენელი კომპონენტი სპირტიან სასმელში მეტად მცირე რაოდენობით მოიპოვება და კონცენტრირების გარეშე შეუძლებელია მათი ქრომატოგრაფიულად განსაზღვრა. ამასთანავე, მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე მქროლავი ნაერთები ჩვეულებრივ პირობებში ამგვარი მეთოდით, შესაძლოა, ვერ განვსაზღვროთ, ვინაიდან ჭურჭელში სითხის თავზე არსებული ჰაერი მათ არ შეიცავს, ან თუ შეიცავს, მეტად უმნიშვნელო რაოდენობით. ამდენად, ნიმუშების წინასწარ ექსტრაქციას უპირატესობა უნდა მივანიჭოთ.

კაიახარა კენძისა და ავტორთა [12] ნაშრომებმა დაადასტურეს, რომ ეთერ-პენტანის ნაზავის ექსტრაგირებით შეიძლება გამოვწვლილოთ სპირტიანი სასმელიდან და განვსაზღვროთ ცალკეული კომპონენტი, რომელიც მასში 0,0005%-ის რაოდენობით მოიპოვება.

ე. ლამპერელსა და რ. მეკეს [104] მონაცემების მიხედვით, თუ კი უშუალოდ ღვინის ანალიზისას ქრომატოგრამაზე 10 — 12 პიკი ჩნდებოდა, ექსტრაქტის ანალიზის შემთხვევაში 35 — 44 პიკის მიღება ხერხდებოდა.

ა. როდოპულო [38] სპეციალურ ექტრაქტორში 150 საათის განმავლობაში ახდენდა ექსტრაქციას (სურ. 34).

მ. დე ვრისმა [70] დიეთილეთერისა და პენტანის ნაზავით (2:1) სპირტიანი სასმელიდან გამოწვლილა „ენანტის ეთერებში“ შემავალი $C_6$ — $C_{16}$ ცხიმოვანი რიგის მჟავათა ეთერები. ექსტრაქტს იგი 33°C-ზე აორთქლებდა (წყლის აბაზანაზე) 1 მლ-ზე და შემდეგ შეჰქონდა გაზური ქრომატოგრაფის სვეტში.




სურ. 34. უმაღლესი ალკოჰოლებისა და რთული ეთერების გამოსაწვლილი სპეციალური ექსტრაქტორი: 1—წყლის ონკანისაკენ; 2—მიხეხილი ზედაპირი; 3—საანალიზო მასალა; 4 — გამხსნელი სითხე; 5—მაცივრისაკენ.

რ. მეკემ და მ. ვრისმა [112] სპირტიანი სასმელების არომატული კომპონენტების განსაზღვრის მიზნით გამოიყენეს ექსტრაქცია ეთერისა და პენტანის ნაზავით (2:1).

ი. უისასი და ე. გაბორი [128] საკონიაკე სპირტის სამჯერად ექსტრაქციას (3 × 100) ახდენდნენ ეთერ-პენტანის ნაზავით (2:1). მათ შეძლეს გამოეწვლილათ და განესაზღვრათ საკონიაკე სპირტის 7 დასახელების უმაღლესი ალკოჰოლი.

ზ. მამაკოვა და ავტორები [26] ნიმუშს ამატებდნენ პენტანს, ანჯღრევდნენ და 1 — 1,5 საათის დაყოვნების შემდეგ ექსტრაქტი შეჰქონდათ ქრომატოგრაფში. მათ მიერ განსაზღვრული იყო „ენანტის ეთერის“ 4 კომპონენტი, აგრეთვე, ეთერი, მჟავა და სპირტი.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

სხვადასხვა ხნოვანების საკონიაკე სპირტიდან გამყოფ ძაბრში პენტანის საშუალებით ჩვენ [1] გამოვყავით რთული ეთერები და უმაღლესი ალკოჰოლები. გამყოფ ძაბრში ვასხამდით 150 მლ კონიაკის სპირტს და პენტანს ვამატებდით 50 მლ-ის რაოდენობით ოთხჯერად. ნაზავს რამდენჯერმე ენერგიულად ვანჯღრევდით, ექსტრაქტებს ცალკე ვაგროვებდით, წყლის მოსაცილებლად ვამატებდით ნატრიუმის სულფატს და ექსტრაქტს ვაორთქლებდით ოთახის ტემპერატურაზე 2 მლ-მდე. შესქელებული ექსტრაქტის ანალიზის შედეგად ქრომატოგრამაზე ვღებულობდით 40-მდე პიკს, რომლებიც შეესაბამებოდა უმაღლეს ალკოჰოლებსა და რთულ ეთერებს.

## მრავალკომპონენტიანი რთული ნაზავების წინასწარი დაყოფა მარტივ ნაერთებად

საანალიზო რთული ნაზავი ხშირ შემთხვევაში შედგება ურთიერთგანსხვავებული ქიმიური ბუნების მქონე ნაერთისაგან, რომელთა რაოდენობა ნაზავში, არც თუ იშვიათად, საკმაოდ დიდია. ამგვარი ნაზავების წინასწარი დაყოფა მარტივ ფრაქციებად მიზანშეწონილი და მოსახერხებელია.

ნაზავის წინასწარი დაყოფა მარტივ ფრაქციებად ხორციელდება ფიზიკური და ქიმიური მეთოდების დახმარებით.

ფიზიკური მეთოდებიდან უნდა აღინიშნოს დისტილაციის მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა ნაზავი დაიყოს ფრაქციებად ნივთიერებათა დუღილის ტემპერატურის მიხედვით.

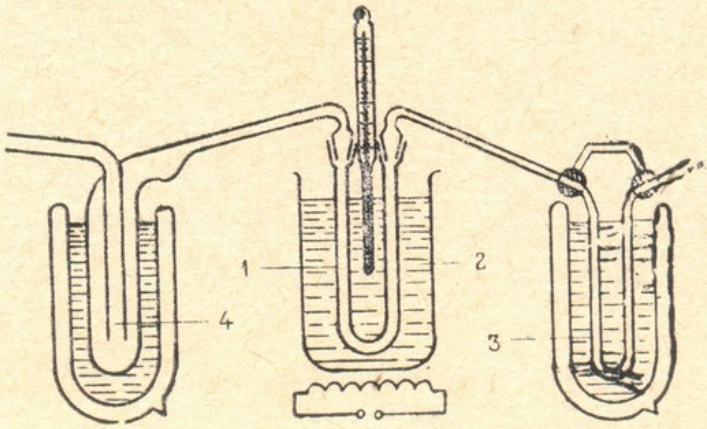
ქიმიური მეთოდების საშუალებით შესაძლებელია რთული ნაზავი დაიყოს ერთნაირი ქიმიური ბუნების მქონე ნაერთთა კლასებად (მჟავები, ალკოჰოლები, რთული ეთერები, კარბონილური ნაერთები და ა. შ.).

გაზური ქრომატოგრაფიის მეთოდი საანალიზო პრაქტიკაში გამოყენებულია სხვა ისეთ მეთოდებთან შერწყმით, როგორიცაა რექტიფიკაცია, ექსტრაქცია, ქაღალდისა და თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიები.

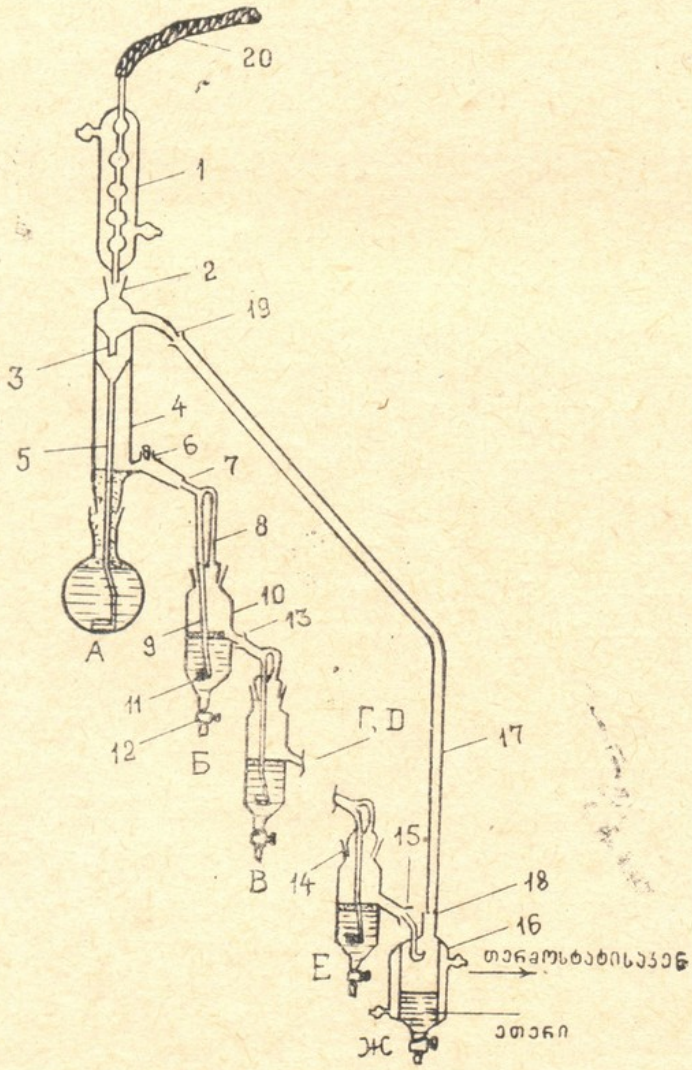
თხელფენოვან ქრომატოგრაფიასთან გაზური ქრომატოგრაფიის შერწყმა ხორციელდება შემდეგი სქემის მიხედვით: საანალიზო ნაზავს წინასწარ ყოფენ თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიით. ქრომატოგრამაზე ნივთიერებათა შესაბამის ლაქებს სპეციალური მოწყობილობით მოაცლიან, ფირფიტიდან მიღებულ ფხვნილს (ნაზავის კომპონენტიან ადსორბენტს) მოათავსებენ ქრომატოგრაფიული სვეტის თავზე და გადამტანი გაზის გატარებით საზღვრავენ ისევე, როგორც ამას გაზური ქრომატოგრაფიის მეთოდი ითვალისწინებს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

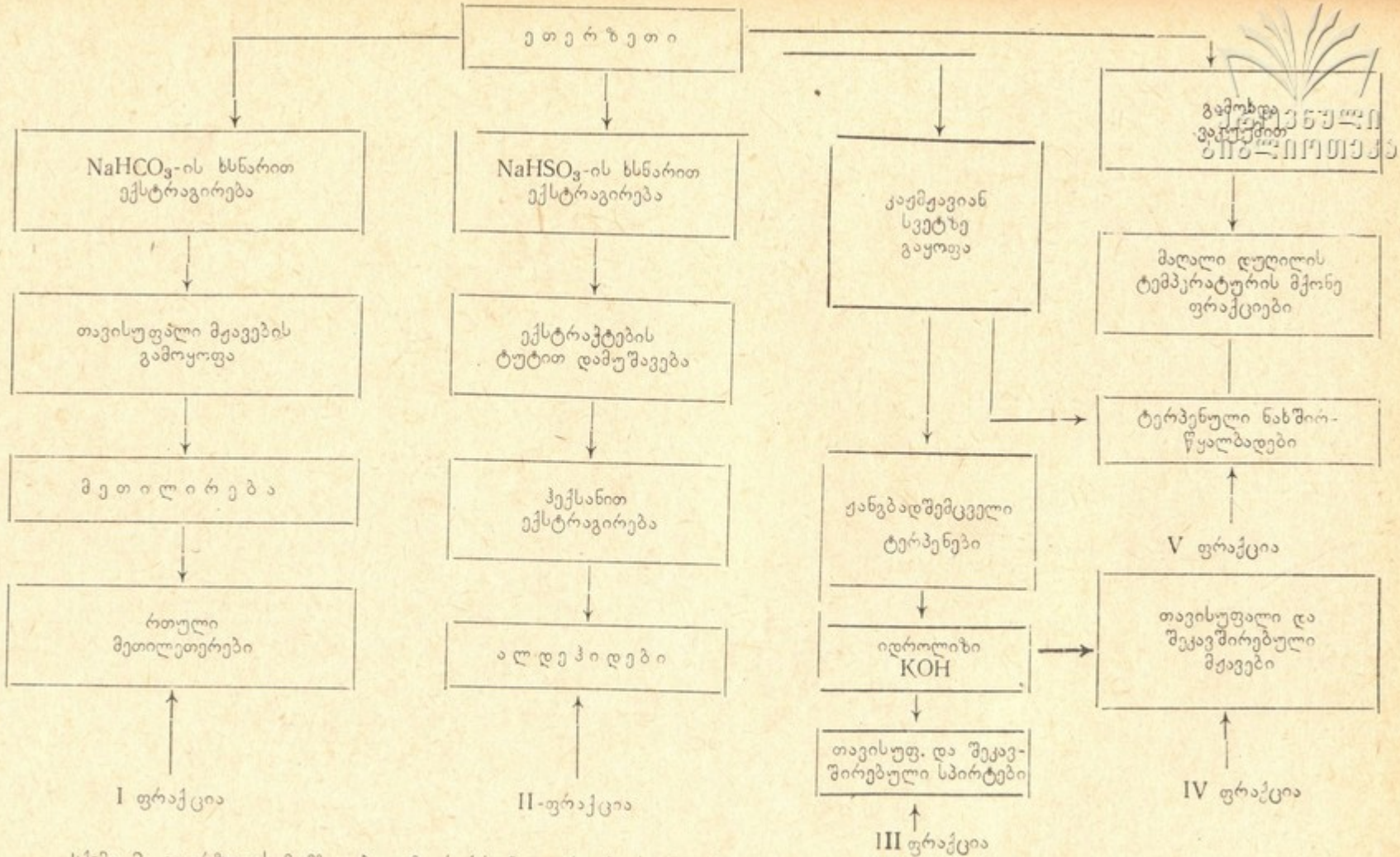
გავეცნოთ რთული ნაზავის მარტივ ფრაქციებად დაყოფის ზოგი ერთ მეთოდსა და ფრაქციებად დასაყოფ მოწყობილობას.




სურ. 35. გაზური დისტილაციისათვის განკუთვნილი მოწყობილობა.




სურ. 36. ორგანულ ნაერთთა რთული ნაზავების განუწყვეტელი დაყოფის სპეციალური ხელსაწყო: ა—საწყისი ნაზავის ხსნარიანი საექსტრაქციო კოლბა; ბ, გ, დ, ე, ვ-გამყოფი მიმღებები მარილმჟავიანი, ნატრიუმის ბიკარბონატიანი, ტუტიანი, ნატრიუმის ბისულფიტიანი ხსნარებით; ზ-გამხსნელის რეგენერატორი; 1—მაცივარი; 2, 7, 13, 14, 15, 18, 19—მიხეხილზედაპირიანი შერთებები; 3—საწვეთური; 4—საექსტრაქციო მილი; 5—ძაბრიანი და მინის ფილტრიანი მილი; 6—ექსტრაქტის ნიმუშის ასაღები მილაკელი; 8—შემაერთებელი მილაკი; 9 — მინის ფილტრიანი (11) ჩასადგმელი; 10—გამყოფი მიმღები; 12—ჩამოსასხმელი ონკანი; 16—ორმაგი პერანგი, რომელიც თერმოსტატს უერთდება; 17—რეგენერატორის მაცივართან შესაერთებელი მილაკი; 20 — ატმოსფეროსთან შესაერთებელი ონკანი.




ეროვნული ბიბლიოთეკა

სქემა 2. ეთერზეთის მომზადება გაზურ ქრომატოგრაფზე საანალიზოდ.

35-ე სურათზე ნაჩვენებია ადვილაქროლადი და ძნელაქროლადი კომპონენტების შემცველი ნაზავის სადისტილაციო მოწყობილობა. მინის ბურთულებით, მძივებითა და სხვ. გავსებულ U-მაგვარ მილში ათავსებენ წინასწარი დაყოფისათვის განკუთვნილ ნაზავს. მილს (1) აცხელებენ თერმოსტატირებულ აბაზანაში (2), ატარებენ მასში ინერტულ გაზს (აზოტს) და მოცემულ ტემპერატურაზე გადადენიან აქროლად ნაერთებს, რომელთა შეგროვება ხდება თხევად აზოტში მოთავსებულ დამჭერში (3).

სვეტის გაცხელების ტემპერატურის ცვალებადობით შეიძლება მივიღოთ მთელი რიგი ფრაქციები. ინერტულ გაზს ატარებენ თხევადი აზოტით სავსე დეუარის ჭურჭელში მოთავსებულ დამჭერში (4), სადაც იგი სუფთავდება მინარევებისაგან.

მრავალკომპონენტიანი ნაზავის ფრაქციონირებისათვის (როცა ნაერთები სხვადასხვა ორგანულ კლასს მიეკუთვნებიან) მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ჯგუფური ანალიზის მეთოდი, რაც მდგომარეობს ნაზავის ერთი და იგივე ტიპის ნივთიერებათა ფრაქციებად დაყოფაში (მჟავები, ფენოლები, კარბონული ნაერთები და ა. შ.).

ნაზავის დაყოფის პროცესის დაჩქარებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ ხელსაწყო, რომელიც 36-ე სურათზეა გამოსახული.

მე-2 სქემაზე წარმოდგენილია ჯგუფური ანალიზის ერთ-ერთი მაგალითი. ჯგუფური ანალიზის ეს სქემა საშუალებას იძლევა დაიყოს რთული ნაზავი მარტივ ფრაქციებად, რომელთა შემდგომი ანალიზი ჩატარდება გაზურ-ქრომატოგრაფიული მეთოდით.

## წყლის დიდი რაოდენობით შემცველი ნაზავების ანალიზი

საანალიზო პრაქტიკაში იშვიათი როდია შემთხვევა, როცა ანალიტიკოსს საქმე აქვს წყლის დიდი რაოდენობით შემცველ საანალიზო ნაზავთან. მართალია, ამ ბოლო დროს გახშირდა შემთხვევები, როცა ყურძნის პროდუქტთა გაზურ-ქრომატოგრაფიულ ანალიზს ატარებენ წინასწარი დამუშავების (ექსტრაქციისა თუ სხვათა) გარეშე, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ საანალიზო ნიმუშში წყლის დიდი რაოდენობით არსებობა მეტად ართულებს ქრომატოგრაფიულ გაყოფას.

წყლის შემცველი საანალიზო ნაზავების გაზურ-ქრომატოგრაფიულ სვეტზე ცალკეულ ფრაქციებად თუ კომპონენტებად დაყოფა და მათი შემდგომი გამოკვლევა ინფრაწითელი სპექტრომეტრის, მასს-სპექტრომეტრის თუ სხვა მეთოდების გამოყენებით მეტად სერიოზულ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული.

გართულება მდგომარეობს უპირველეს ყოვლისა იმაში, რომ წყლის ნაწილი შეიძლება დარჩეს სვეტში, ანალიზის განმეორებებსა შემდეგ ცალკეულ კომპონენტთა შეგროვებისას დამჭერში (ინფრაწითელი სპექტრომეტრისათვის) მოხვდეს და ხელი შეუშალოს სპექტრომეტრულ ანალიზს.

ამავე დროს წყალს შეუძლია რეაქციაში შევიდეს უძრავ ფაზასთან, რაც შეამცირებს სვეტის გამოყენების ხანგრძლივობას, წყლის დიდი რაოდენობა დაამახინჯებს ქრომატოგრაფირების შედეგებს.

არსებობს მარტივი ხერხი, რომლის გამოყენება საშუალებას იძლევა გამოვთიშოთ წყალი საანალიზო ნაზავიდან და მნიშვნელოვნად გავაუმჯობესოთ კომპონენტთა დაყოფის ხარისხი, უფრო მეტიც, ამ ხერხის გამოყენებით შესაძლებელია ქრომატოგრამაზე მივიღოთ ის პიკებიც კი, რომლებიც დაიფარებოდნენ წყლის ორთქლის დიდი პიკების მიერ.

აღნიშნული ხერხი მდგომარეობს შემდეგში: ძირითადი ქრომატოგრაფიული სვეტის წინ აყენებენ კალციუმის კარბიდით (30 მეშ) გავსებულ და 220°C-მდე გახურებულ სვეტს. საანალიზო ნაზავში არსებული წყალი რეაგირებს კალციუმის კარბიდთან და წარმოქმნის აცეტილენს, რომლის ქრომატოგრაფიულად განსაზღვრა არ არის ძნელი.

ამ ხერხით კარგი შედეგები არის მიღებული ისეთი ნაზავების ქრომატოგრაფირებისას, რომლებიც შეიცავდნენ სპირტებსა და 90%-ზე მეტ წყალს, ალდეჰიდებს, ეთერებს, სპირტებს და 36% წყალს. ნაზავების დაყოფა ხდებოდა სვეტზე, რომელიც დატვირთული იყო პოლიგლიკოლით დაფარული ქრომოსორბ — W-თი (30/60 მეშ) 74° და 140° ტემპერატურულ რეჟიმში. აღსანიშნავია, რომ ორგანული მჟავები ამ მეთოდით არ ისაზღვრება.

არსებობს წყლის შემცველ ორგანულ ნაერთთა ნაზავების გაზურ-ქრომატოგრაფიული გაყოფის სხვა ხერხებიც. მაგალითად, ტრიეთილენგლიკოლზე ან პოლიეთილენგლიკოლ — 400-ზე ყოფენ ისეთი დაბალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნაერთებს, რომლებიც სვეტიდან წყლის ორთქლის გამოსვლამდე გამოდიან.

ლიტერატურაში აღწერილია ცხიმოვანი მჟავებისა თუ სხვა ორგანული ნაერთების წყლიანი ხსნარების გაზურ-ქრომატოგრაფიული ანალიზის სხვა ხერხებიც [87, 60].

### ქრომატოგრაფიული ანალიზისათვის მომზადება

ქრომატოგრაფიული ანალიზისათვის მომზადება გულისხმობს საანალიზო ნაზავის გაყოფის პარამეტრებისა და პირობების წინასწარ შერჩევას. რასაკვირველია, ეს დამოკიდებულია საანალიზო მასალის შემადგენლობასა და ბუნებაზე.

იმ შემთხვევაში, თუ საკვლევი ნაზავის შედგენილობა ცნობილია (თუ ვიცით, რომ იგი შედგება უმაღლესი ალკოჰოლებისა და ორთული ეთერებისაგან, ანდა წარმოადგენს ცხიმოვან მჟავათა ფრაქციას და ა. შ.), ქრომატოგრაფიული სვეტის, სამუშაო ტემპერატურისა თუ ქრომატოგრაფირების სხვა პარამეტრების შერჩევა მიზანშეწონილია ჩატარდეს ლიტერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით.

საანალიზო ნაზავი თუ უცნობი შემადგენლობისაა, საჭიროა ქრომატოგრაფირების ოპტიმალური პირობების შერჩევის მიზნით ჩატარდეს წინასწარი ცდები ნაერთთა ბუნების დასადგენად.

საკვლევი ხსნარის შემადგენელი ნაერთები შეიძლება ეკუთვნოდნენ ერთ ჰომოლოგიურ რიგს, ანდა ორგანულ ნაერთთა სხვადასხვა კლასს. რამდენადმე მიახლოებული ცნებები ნივთიერებათა ბუნებაზე შეიძლება მოგვცეს სუნით შემოწმებამ, უფრო ზუსტი იქნება გარდატეხის კოეფიციენტის განსაზღვრა და ცალკეულ ფუნქციონალურ ჯგუფზე თვისებრივი რეაქციის ჩატარება.

საკითხისადმი ლოგიკური მიდგომა იქნება საანალიზო ნაზავის საორიენტაციო დაყოფა ჯერ ძლიერ პოლარულ უძრავ ფაზაზე (მაგალითად, პოლიეთილენგლიკოლზე), შემდეგ კი არაპოლარულ უძრავ ფაზაზე. ფაზის საბოლოოდ შერჩევა დამოკიდებული იქნება გაყოფის მაღალ ხარისხზე, შევარჩევთ იმ ფაზას, რომელზედაც მეტი კომპონენტის მიღება მოხერხდება.

იმ შემთხვევაში, თუ საანალიზო ნაზავში უცნობი ქიმიური კლასები ბევრი არ არის, მაშინ ანალიზის ჩატარება შეიძლება ერთ უძრავ ფაზაზე. ხოლო თუ ნაზავი შეიცავს დიდი რაოდენობით სხვადასხვა კლასებს, მაგალითად, ალკოჰოლებს, ეთერებს, ალდეჰიდებს, მჟავებსა და სხვ., მაშინ დაყოფისათვის ერთი უძრავი ფაზა არ იქნება საკმარისი, ამიტომ სრული ანალიზის ჩატარებისათვის საჭირო იქნება დამატებით სხვა უძრავი ფაზის შერჩევა.

უძრავი ფაზის შერჩევის შემდეგ საჭიროა დადგინდეს ქრომატოგრაფიული სვეტის სამუშაო ტემპერატურა, რომელიც უზრუნველყოფს საკვლევი ხსნარის გაყოფის ოპტიმალურ პირობებს. მხედველობაშია მისაღები ის გარემოება, რომ ტემპერატურის მომატებით ანალიზის დრო მცირდება, თუმცა ქრომატოგრაფიული სვეტის გაყოფისუნარიანობა ეცემა.

თვალსაჩინოებისათვის ერთსა და იგივე საანალიზო ნაზავს თუ გავყოფთ დაბალ, საშუალო (ოპტიმალურ) და მაღალ ტემპერატურებზე, ვნახავთ, რომ პირველ შემთხვევაში ქრომატოგრამაზე მივიღებთ დროის ღერძის პარალელურად საკმაოდ გაგრძელებულ, ფართოთავიან, განიერ და ერთმანეთისაგან დაშორებულ პიკებს, მეორე შემთხვევაში (ოპტიმალურ ტემპერატურაზე) პიკები კარგად გამოკვეთილი,

ეროვნული ბიბლიოთეკა

მახვილთავიანი და ერთმანეთთან ახლოს მდგარი იქნება, მესამე ქრომატოგრამაზე გამოსახული პიკები კი, განსაკუთრებით ქრომატოგრამის დასაწყისში, არ იქნება სრულად გაყოფილი მაღალი ტემპერატურული რეჟიმის გამო.

ბუნებრივია, ქრომატოგრაფიული სვეტის სამუშაო ტემპერატურის შერჩევა უნდა მოხდეს საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა დუღილის ტემპერატურათა გათვალისწინებით.

არსებობს ერთგვარი საორიენტაციო წესი ჩვეულებრივი დასატვირთი სვეტებისათვის, რომლის მიხედვით სვეტის ტემპერატურა უნდა იყოს გასაყოფი ნაზავის ძირითადი კომპონენტების დუღილის ტემპერატურაზე არანაკლებ 60°C-ით მაღალი.

ზოგიერთ შემთხვევაში, როცა ვატარებთ თვისებრივ რეაქციებს, აუცილებელი ხდება საანალიზო ნიმუშის მოცულობის გაზრდა. ამიტომ საჭიროა რამდენადმე დავწიოთ სვეტის ტემპერატურა და ამით გავზარდოთ სვეტიდან კომპონენტთა გამოსვლის დროთა შორის ინტერვალი. თუმცა, აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე მაღალმგრძნობიარე დეტექტორები საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ საანალიზო ნიმუში მცირე რაოდენობით. ამ გარემოებას ის მნიშვნელობა აქვს, რომ ქმნის შესაძლებლობას ჩავატაროთ 500°C-მდე დუღილის ტემპერატურის მქონე ნაერთების ანალიზი, ამასთანავე სვეტის სამუშაო ტემპერატურა დავწიოთ 100 — 150°C-ით მათი დუღილის ტემპერატურებთან შედარებით.

დასატვირთი სვეტის სიგრძეს განსაზღვრავს საანალიზო ნაზავის ძირითადი კომპონენტების დუღილის ტემპერატურები. ასე, რომ მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტებისათვის უფრო მეტად გამოყენებულია 1 — 2 მ სიგრძის სვეტები, ხოლო დაბალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნივთიერებებისათვის — 3 — 5 მ სიგრძის სვეტები.

გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ერთმანეთთან თვისებებით ახლოს მდგარი კომპონენტები უმჯობესია გაიყოს უფრო გრძელ სვეტებზე.

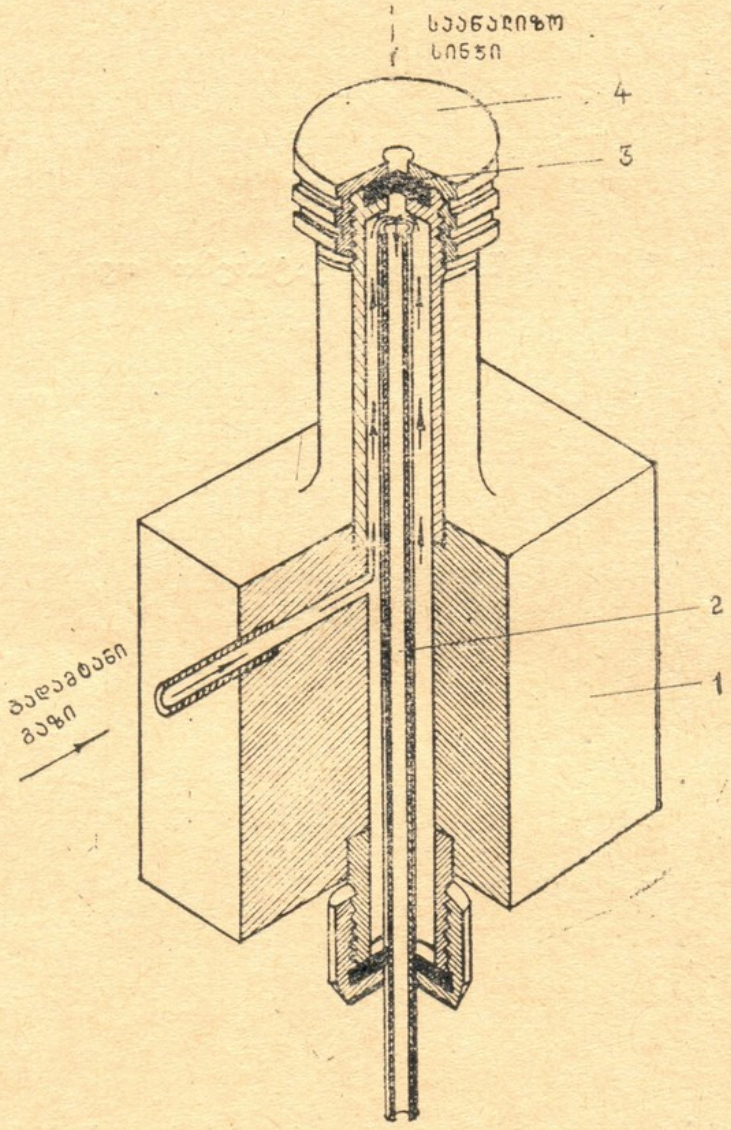
გაზურ-ქრომატოგრაფიულ საანალიზო პრაქტიკაში მნიშვნელოვანია, აგრეთვე, გადამტანი გაზისა და მისი ნაკადის სიჩქარის შერჩევა. მიღებულია, რომ ქრომატოგრაფიული სვეტის განივი კვეთის ყოველ 1 მმ²-ში გადამტანმა გაზმა უნდა გაიაროს არანაკლებ 1 მლ/წთ-ს სიჩქარით. 2, 3, 4, 5 და 6 მმ დიამეტრის მქონე სვეტებში გადამტანი გაზის სიჩქარე, საორიენტაციოდ, უნდა იყოს 3, 7, 13, 19 და 28 მლ/წთ-ში.

საერთოდ, თუ კი გვსურს ანალიზის დროის რამდენადმე შემცირება, გადამტანი გაზის ნაკადის სიჩქარე უნდა გავადიდოთ [17].

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ნიმუშის შეტანა ქრომატოგრაფში

საანალიზო ნიმუშის შეტანა ქრომატოგრაფში ქრომატოგრაფიული ანალიზის ერთ-ერთი საპასუხისმგებლო მომენტია, ვინაიდან დამაკმაყოფილებელი ქრომატოგრაფიული შედეგების მიღება ბევრად




სურ. 37. ამაორთქლებელი კამერა: 1—კორპუსი; 2—სინჯის ასაორთქლებელი არხი; 3—თერმოგამძლე შემკვრივება; 4—მიმჭერი ქანჩი.

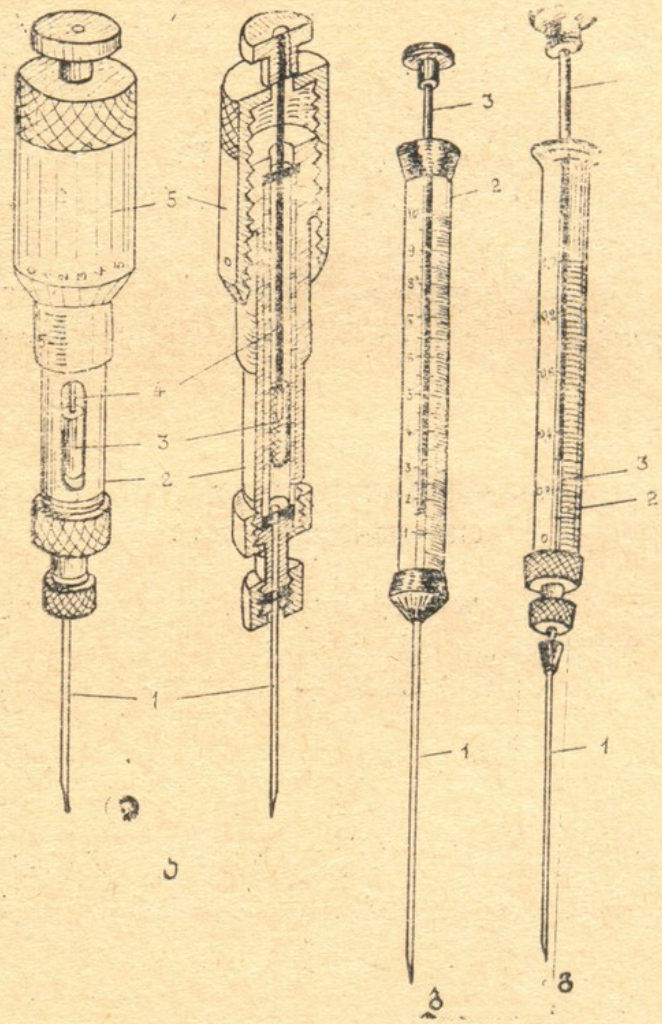
არის დამოკიდებული სვეტში შესატანი ნიმუშის რაოდენობასა და შეტანის გარკვეული ჩვევების გამომუშავებაზე.

როცა ნიმუში უშუალოდ სვეტის თავში ანდა სვეტის წინ დაყენებულ ამაორთქლებელ კამერაში შეაქვთ, იგი ხვდება გადამტანი გაზის ნაკადში. საანალიზო ნიმუშის ქრომატოგრაფიულ სვეტში შესა-

ტანად გამოყენებულია სხვადასხვა კონსტრუქციის შპრიცები (მიკრომეტრული მიწოდებით, დაკალიბრებული კაპილარებით და ა. შ.), კაპილარული საწვეთურები და სხვ.

როცა შპრიცით საანალიზო ნიმუშს ვიღებთ, უნდა დავაკვირდეთ, რომ დგუშის ბოლოს არ მოჰყვებოდეს ჰაერის ბუშტუკები. წინააღმდეგ შემთხვევაში დიდი ცდომილებები გვექნება შესატანი საანალიზო ნიმუშის რაოდენობის განსაზღვრაში.

ნიმუშის ქრომატოგრაფში შეტანის წინ ამაორთქლებლის ტემპერატურას ვაყენებთ სასურველ დონეზე და რამდენიმე წუთის შემდეგ




სურ. 38. ქრომატოგრაფიულ სვეტში საანალიზო ნიმუშის შესატანი მიკროშპრიცები: ა—მიკრომეტრული ხრახნით; ბ—ცილინდრში მოთავსებული დოზირებული მოცულობით; გ—ნემსში მოთავსებული დოზირებული მოცულობით: 1—ნემსი; 2—კორპუსი; 3—დგუში; 4—შტოკი; 5—მიკრომეტრული ხრახნი.

შპრიცის ნემსის წვერი შეგვყავს ამაორთქლებელში რეზინის საფენის გზით. დგუშს მყისიერად ვაჭერთ თითს, დიაგრამის ქაღალდზე ვინიშნავთ ნიმუშის შეტანის დროს და ნემსს ორი-სამი წამით ვაყოვნებთ

საფენში, რის შემდეგ სწრაფადვე ამოგვაქვს შპრიცის ნემსი საფენიდან.

ქრომატოგრაფიულ სვეტში ნიმუშის შესატანად ძირითადად გამოყენებულია მიკროშპრიცები. შპრიცის ნემსის წვერი ისე უნდა შევიყვანოთ ამაორთქლებელ კამერაში (სურ; 37), რომ ახლოს მოხვდეს სვეტის შემავსებელ მასასთან.

საანალიზო პრაქტიკაში სამედიცინო შპრიცი ხშირად გამოიყენება იმ შემთხვევებში, როცა სვეტში თხევადი ნიმუში შეაქვთ შედარებით დიდი რაოდენობით.

მხედველობაში მისაღებია ის გარემოება, რომ ჩვეულებრივი შპრიცით, რაგინდ პატარა მოცულობისა არ უნდა იყოს იგი, არ შეიძლება შედეგიანი იყოს სვეტში მცირე რაოდენობის ნიმუშის შესატანად.

38-ე სურათზე წარმოდგენილია მიკროშპრიცები, რომელთა საშუალებითაც ხორციელდება საანალიზო ნიმუშის ქრომატოგრაფიულ სვეტში შეტანა.

მიკროშპრიცის საშუალებით შესაძლებელია რამდენიმე მიკროლიტრი მოცულობის საანალიზო ნიმუშის შეტანა ქრომატოგრაფიულ სვეტში.

## 3) ქრომატოგრაფირების შედეგების შეფასება
### თვისობრივი ანალიზი

საანალიზო კომპონენტთა ქრომატოგრაფიული იდენტიფიკაციის ძირითად მეთოდებს განეკუთვნება:

1. იდენტიფიკაცია ცნობილ ნივთიერებებთან („მოწმეებთან") შედარების გზით;

2. იდენტიფიკაცია ლიტერატურულ მონაცემებთან შედარების გზით;

3. გრაფიკული მეთოდები, რომლებიც გულისხმობენ იდენტიფიცირებას სხვადასხვა პოლარობის უძრავ ფაზაზე მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე;

4. იდენტიფიკაცია ქიმიური თვისებებისა და ფიზიკური კონსტანტების დახასიათების გზით;

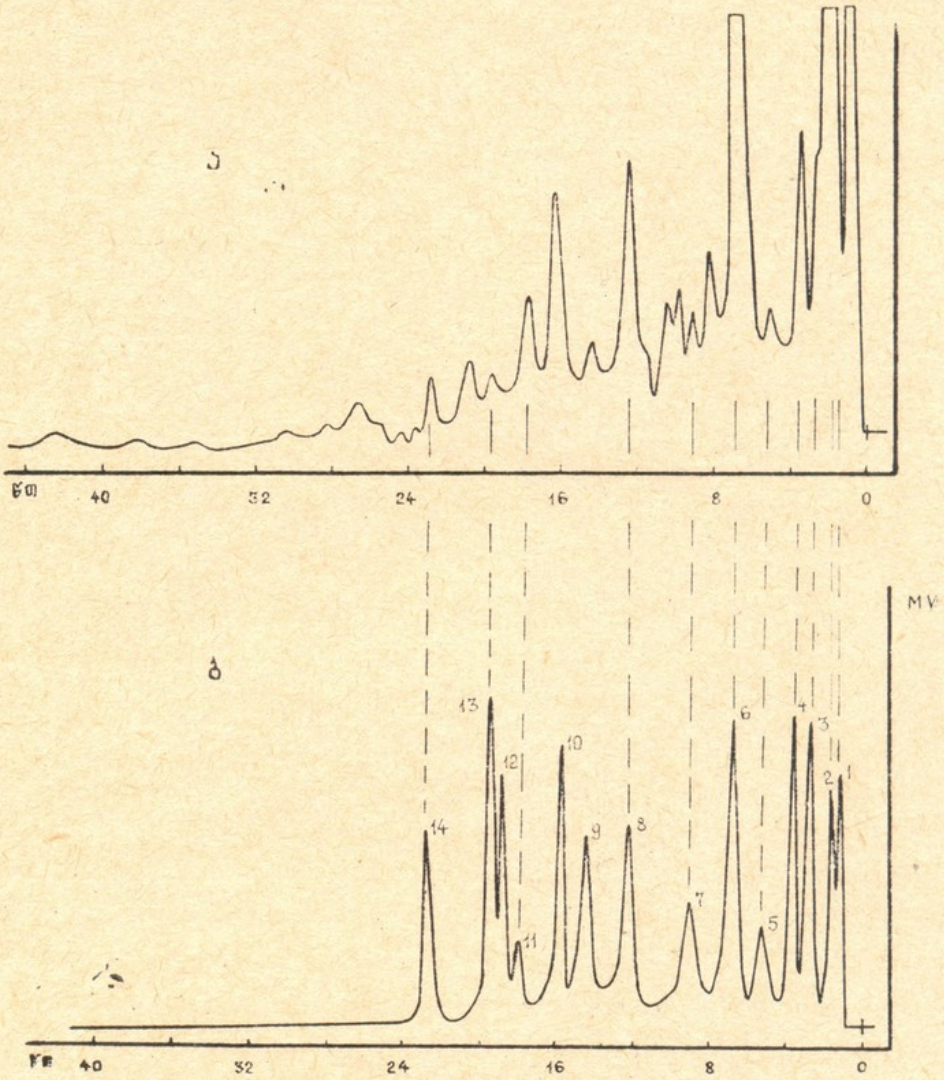
იდენტიფიკაციის მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე, მათ შორის საანალიზო ნიმუშის შემადგენლობის სირთულეზე, გასაყოფ კომპონენტთა წონით რაოდენობაზე, აგრეთვე ექსპერიმენტატორის შესაძლებლობებზე.

იდენტიფიკაციის მარტივი ხერხია შეკავებული მოცულობის განსაზღვრა.

**შ ე კ ა ვ ე ბ უ ლ ი  მ ო ც უ ლ ო ბ ა** ეწოდება გადამტანი გაზის იმ მოცულობას, რომელიც საჭიროა კომპონენტის ქრომატოგრაფიული სვეტიდან ელუირებისათვის.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

რადგანაც მუდმივი წნევის პირობებში გადამტანი გაზის სიჩქარე მუდმივია, შეიძლება შემოვიღოთ **შ ე კ ა ვ ე ბ ი ს  დ რ ო ი ს** ცნება.



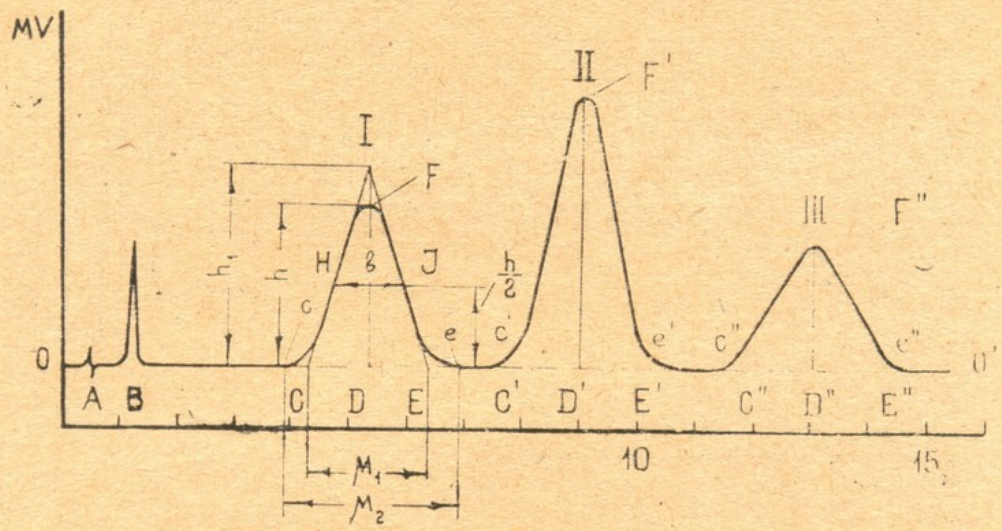

სურ. 39. კონიაკის სპირტის აქროლად კომპონენტთა იდენტიფიცირება ცნობილი სტანდარტული ნივთიერებების გამოყენებით: ა—12-წლიანი კონიაკის სპირტის პენტანიანი ექსტრაქტის ქრომატოგრამა; ბ—უმაღლესი ალკოჰოლებისა და რთული ეთერების სტანდარტულ ნივთიერებათა ნაზავის („მოწმეთა" ნაზავის) ქრომატოგრამა.

შეკავების დრო ანუ შეკავებული მოცულობა საანალიზო კომპონენტისა და თხევადი ფაზის მახასიათებელია, რომელიც შეიძლება გამოვიყენოთ ნივთიერებათა იდენტიფიკაციისათვის.

იდენტიფიცირებას ატარებენ უცნობი ნივთიერებისა და ცნობილი კომპონენტის შეკავების დროთა ურთიერთშედარებით. ეს მხოლოდ

შესაძლებელია, თუ ანალიზი ერთსა და იმავე პირობებში ტარდება.

39-ე სურათზე ნაჩვენებია უმაღლესი სპირტების სტანდარტული ნაზავისა და საკონიაკე სპირტის უცნობი შემადგენლობის პენტანიანი ექსტრაქტის ქრომატოგრამები.




სურ. 40. ქრომატოგრამის ძირითადი ელემენტები: A—ნიმუშის შეტანა; B—ჰაერის პიკი; I, II, III—საანალიზო ნიმუშის კომპონენტები.

ქრომატოგრაფიულ ანალიზს ვატარებდით ექსტრაქტების გაყოფის ერთსა და იგივე პირობებში. როგორც ვხედავთ, ცნობილი სტანდარტული ნივთიერების პიკის შეკავებული მოცულობის სიდიდის შედარებით უცნობი ნაზავის შესაბამისი პიკის იგივე სიდიდესთან შესაძლებელია იდენტიფიკაციის წარმატებით ჩატარება.

აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა ნივთიერებას შეიძლება ერთნაირი ან ერთმანეთთან ახლოს მდგარი შეკავების დრო ჰქონდეს, ამიტომ მიმართავენ დამატებით იდენტიფიცირებას ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის, მასს-სპექტრომეტრიისა ან ბირთვული მაგნიტური სპექტროსკოპიის გამოყენების საშუალებით.

რთული ნაზავის უცნობ კომპონენტთა იდენტიფიცირებისათვის სპექტრალური ანალიზის გამოყენებისას, საჭიროა საკვლევ კომპონენტთა სპექტრი (ინფრაწითელი, მასს-სპექტრომეტრი და სხვ.) იდენტური იყოს სუფთა ხსნარებზე შედგენილი სპექტრისა.

აღსანიშნავია, რომ მასს-სპექტრომეტრზე ანალიზისათვის საჭიროა მეტად მცირე რაოდენობის საანალიზო ნიმუში. ინფრაწითელი სპექტრისა და მასს-სპექტრის გადაღება სპეციალური მოწყობილობის დახმარებით, კომპონენტის ქრომატოგრაფიული სვეტიდან გამოსვლისთანავე ხდება.

ვიდრე შევუდგებოდეთ იდენტიფიკაციის ქრომატოგრაფიული მეთოდების განხილვას, გავეცნოთ ზოგიერთ ტერმინსა და ცნებას, რომელიც ქრომატოგრაფიაში გამოიყენება.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა მ ა წარმოადგენს დეტექტორის სიგნალსა და სვეტში გამავალი გადამტანი გაზის დროსა ან მოცულობას შორის დამოკიდებულების გრაფიკს.

გავეცნოთ სამი კომპონენტის ქრომატოგრამას (სურ. 40) და მასთან დაკავშირებულ ცნებებს.

შ ე უ ს წ ო რ ე ბ ე ლ ი შ ე კ ა ვ ე ბ უ ლ ი მ ო ც უ ლ ო ბ ა გადამტანი გაზის ის მოცულობაა, რომელიც იზომება სვეტში ნიმუშის შეტანის მომენტიდან პიკის მაქსიმუმის გამოჩენამდე.

შეუსწორებელი შეკავებული მოცულობა დამოკიდებულია

ა) სვეტის სიგრძესა და დიამეტრზე;

ბ) უძრავ ფაზასა და მის რაოდენობაზე;

გ) სვეტის ტემპერატურაზე;

დ) გადამტანი გაზის ტიპზე;

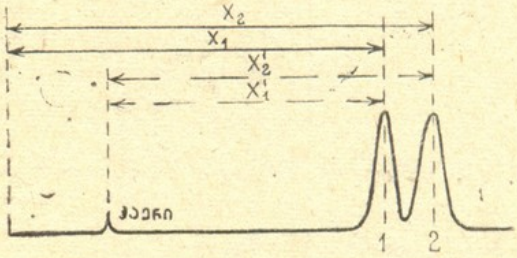
ე) ხელსაწყოს მკვდარ მოცულობაზე;

ვ) სვეტში წნევათა სხვაობაზე.

აღსანიშნავია, რომ შეკავების დროისაგან განსხვავებით, შეკავებული მოცულობა არ არის დამოკიდებული გადამტანი გაზის ნაკადის სიჩქარეზე.

შეუსწორებელი შეკავებული მოცულობის სიდიდე, იდენტიფიცირებისათვის ჩვეულებრივ, არ გამოიყენება. რადგან მისი შედარება შეუძლებელია სხვა სვეტებზე მიღებულ ანალოგიურ სიდიდეებთან [25].

შ ე ს წ ო რ ე ბ უ ლ ი შ ე კ ა ვ ე ბ უ ლ ი მ ო ც უ ლ ო ბ ა შეუსწორებელ შეკავებულ მოცულობისაგან განსხვავებით, გულისხმობს შესწორებას ხელსაწყოს „მკვდარ“ მოცულობაზე და იზომება ჰაერის პიკის გამოჩენის მომენტიდან (იონიზაციური დეტექტორისათვის კი გამხსნელის პიკის წინა მიჯნიდან) შესაბამისი პიკის მაქსიმუმის გამოჩენამდე (სურ. 41).




სურ. 41. შეკავებული მოცულობის გამოთვლა: $X_1$—შეკავებული მოცულობა (შეუსწორებელი); $X'_1$ — შესწორებული შეკავებული მოცულობა.

დ ა ყ ვ ა ნ ი ლ ი შ ე კ ა ვ ე ბ უ ლ ი მ ო ც უ ლ ო ბ ა გადამტანი გაზის ის შეკავებული მოცულობაა, რომელიც იზომება სვეტში წნევათა სხვაობის, ანუ გაზების კუმშვადობის გათვალისწინებით. ეს სიდიდე დამოკიდებულია სვეტის ტემპერატურისა და გაზის ნაკადის

სიჩქარის მუდმივობაზე, აგრეთვე თხევადი ფაზის თვისებების სიმყარეზე გარკვეული დროის განმავლობაში. ვინაიდან ზემოაღნიშნულ ფაქტორთა იდეალურად დაცვა შეუძლებელია ანალიზის პროცესში, დაყვანილი შეკავებული მოცულობის სიდიდე პრაქტიკულად არ გამოიყენება.

შ ე ფ ა რ დ ე ბ ი თ ი შ ე კ ა ვ ე ბ უ ლ ი მ ო ც უ ლ ო ბ ა არის საანალიზო ნივთიერების შეკავებული მოცულობის შეფარდება სტანდარტული ნივთიერების შეკავებულ მოცულობასთან. ეს სიდიდე, შესწორებულ შეკავებულ მოცულობის სიდიდესთან შედარებით, უფრო ზუსტი და საიმედოა.

საზოგადოდ, შეფარდებითი შეკავებული მოცულობა დამოკიდებულია მხოლოდ სვეტის ტემპერატურასა და თხევადი ფაზის ტიპზე.

საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა შესაბამისი პიკების იდენტიფიცირების დროს რეკომენდებულია შეფარდებითი შეკავებული მოცულობის სიდიდის გამოყენება [25].

ცხრილი 7

**ქრომატოგრამის გაშიფვრისას გამოყენებული ძირითადი ელემენტები და ცნებები**

| ქრომატოგრამის ელემენტები | განსაზღვრა | გრაფიკული გამოსახულება მე-40 სურათზე | პირობითი აღნიშვნა |
|---|---|---|---|
| ნულოვანი (ძირითადი) ხაზი | ქრომატოგრამის ნაწილი — დროის ღერძის პარალელური სწორი ხაზი, რომელსაც ავლებს ქრომატოგრამაზე თვითმწერის კალამი დეტექტორში სუფთა გადამტანი გაზის გავლის დროს | 00′ | — |
| ზ ი კ ი | ქრომატოგრამის ნაწილი, რომელიც შეესაბამება დეტექტორში საანალიზო ნიმუშის კომპონენტის გავლას | c Fe(c′F′e′ და c′′F ′e′′ II და III კომპონენტებისათვის) | — |
| პიკის ფუძე | ძირითადი ხაზის მონაკვეთი — იმ წერტილების შემაერთებელი, რომლებიც შეესაბამება დეტექტორში კომპონენტის შესვლისა და გამოსვლის დროის მონაკვეთს | ce(c′e′; c′′e′′] | — |
| პიკის სიმაღლე | მანძილი პიკის ფუძიდან მის მაქსიმალურ წერტილამდე | DF (D′F′;D′′ F′′) | h |
| პიკის სიგანე | ზომავენ ან როგორც მანძილს c და e წერტილებს შორის (ამ შემთხვევაში შეესაბამება პიკის ფუძეს) | $\mu_2$ | μ |
| | ანდა CE მონაკვეთით, | $\mu_1$ | τ |
| პიკის სიგანე მისი სიმაღლის ნახევარზე | პიკის შუაზე ფუძის პარალელურად გავლებული და პიკის გვერდებით შემოსაზღვრული მონაკვეთი | HJ | в |

ეროვნული ბიბლიოთეკა

| ქრომატოგრამის ელემენტები | განსაზღვრა | გრაფიკული გამოსახულება მე-40 სურათზე | პირობითი აღნიშვნა |
|---|---|---|---|
| პიკის ფართობი | პიკის ფუძესა და გვერდებს შორის მოთავსებული ფართობი. ზოგიერთ შემთხვევაში კომპონენტის კონცენტრაციის საზომად მიიჩნევენ, გამარტივების მიზნით იანგარიშება პიკის სიმაღლისა და ამ სიმაღლის შუა წერტილზე პიკის სიგანის ნამრავლით | cFe | S |
| შეკავების გაზომილი დრო | დრო ნიმუშის შეტანიდან პიკის მაქსიმუმის გამოჩენამდე. | AD | $t_R$ |
| შესწორებული შეკავებული მოცულობა | გაზის მოცულობა, რომელმაც გაიარა დეტექტორში ნიმუშის შეტანის მომენტიდან პიკის მაქსიმუმის გაჩენამდე (გრაფიკულად გამოისახება ისეთივე მონაკვეთით, როგორითაც შეკავების დრო) | AD | $V_r$ |
| გაზური მოცულობა | შესაძლოა გამოისახოს გაზის იმ მოცულობით, რომელსაც ვერ შთანთქავს სვეტი (მაგალითად, ჰაერის) | AB | $V_m$ |
| შეკავების და უყვანილი დრო | შეკავების დრო იმ დროის გარდა, რომელიც საჭიროა გაზის გავლისათვის ნიმუშის შეტანის ადგილიდან დეტექტორამდე | AD—AB=BD | $t_R'$ |
| დაყვანილი შეკავებული მოცულობა | განსხვავება შეუსწორებელ შეკავებულ მოცულობასა და გაზურ მოცულობას შორის | BD | $v_R'$ |

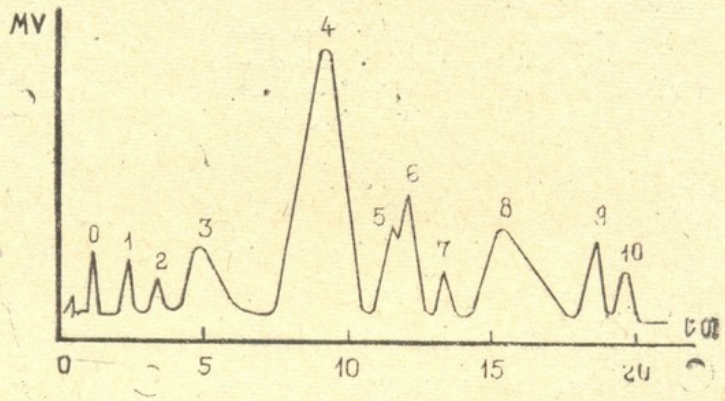
## ქრომატოგრამის გაშიფრვა

ქრომატოგრამის გაშიფრვა უპირველეს ყოვლისა გულისხმობს მასზე გამოსახული პიკის ამა თუ იმ კომპონენტთან იდენტურობის დადგენას „მოწმეთა“ პიკებთან შედარების საშუალებით და სხვა მეთოდებით.

გავეცნოთ იმ მონაცემებს, რომელთა დაზუსტებას და დადგენას მოითხოვს ქრომატოგრამის გაშიფრვა 42-ე სურათზე ნაჩვენები ქრომატოგრამის მიხედვით.

როგორც ქრომატოგრამაზე ვხედავთ, საანალიზო ნაზავი შედგება მინიმუმ 10 კომპონენტისაგან. თუკი ვიგულისხმებთ, რომ ჩვენს წინ არის უცნობი შემადგენლობის საანალიზო ნაზავი, ქრომატოგრამის გაშიფრვა გაძნელდება იმის გამო, რომ ცალკეული პიკის მოწმესთან

შედარების გარდა, საჭირო გახდება თითოეული პიკის უფრო დეტალური გაშიფრვა დამატებითი მეთოდების გამოყენებით. ეს გარემოება გამოწვეულია იმით, რომ პიკი შეიძლება შეესაბამებოდეს არა მარტოოდენ ერთ კომპონენტს, არამედ ორსა ან მეტს, ვინაიდან ქრომატო-




სურ. 42. შედარებით რთული საანალიზო ნაზავის სამაგალითო ქრომატოგრამა.

გრაფირების ერთსა და იგივე პარამეტრების დროს კომპონენტებს შეიძლება ჰქონდეს ერთნაირი ან ერთმანეთთან მიახლოებული შეკავების დრო. ამ საკითხის დაზუსტება შესაძლებელი არის ნაზავის სხვა უძრავ ფაზაზე დაყოფით.

ზოგჯერ ქრომატოგრამაზე ვღებულობთ არასიმეტრიულ პიკებს, ისეთებს როგორიცაა მე-3 და მე-8 პიკები 42-ე სურათზე. არასიმეტრიულობა შეიძლება გამოწვეული იყოს არასაკმაოდ შესაფერისი უძრავი ფაზით ან მყარი გადამტანით და სხვ.

ქრომატოგრამებზე შედარებით ხშირია ორი ან მეტი პიკის შერწყმა, როგორც ეს 42-ე სურათზეა წარმოდგენილი მე-5 და მე-6 პიკების სახით. ქრომატოგრაფირების სხვა პირობების შერჩევით შესაძლებელი ხდება გაუყოფელი პიკების ეფექტური გაყოფა და მათი იდენტიფიცირება.

პიკების ფართობის სიდიდის მიხედვით მსჯელობენ შესაბამისი კომპონენტების კონცენტრაციის ხარისხზე. მაგალითად, მე-4 პიკი შეესაბამება საანალიზო ნაზავში ყველაზე მაღალი კონცენტრაციით არსებულ ნივთიერებას მე-6—8 პიკების შესაბამისი კომპონენტები შედარებით მეტი რაოდენობით მოიპოვება ნაზავში, ხოლო 1-ლ, მე-2, მე-7 და მე-10 პიკები გამოხატავენ ნაზავში შედარებით მცირე რაოდენობით არსებულ კომპონენტებს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ნაზავის კომპონენტთა იდენტიფიკაციის სხვადასხვა საშუალება არსებობს. როგორც ზემოთ აღვნიშნავდით, ჩვეულებრივ მიმართავენ ქრომატოგრაფიაში ცნობილ „მოწმეთა“ გამოყენების მეთოდს.

საანალიზო პრაქტიკაში გავრცელებული იდენტიფიკაციის ხერხებიდან უნდა აღინიშნოს: იდენტიფიკაცია ქრომატოგრაფიულ დახასიათებათა საფუძველზე, იდენტიფიკაცია სუნისა და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მიხედვით, თვისებრივი ფერადი რეაქციების ჩატარებით, იდენტიფიკაცია ნაზავის კომპონენტთა სელექტიური გამოწვლილვით და სხვა.

ქრომატოგრაფიულ დახასიათებათა საფუძველზე იდენტიფიკაციის მეთოდებს საფუძვლად უდევს საანალიზო ნაზავის ამა თუ იმ კომპონენტისათვის ნაპოვნი გარკვეული დამოკიდებულებებისა და სიდიდეების შედარება ცნობილ ქიმიურ ნაერთთათვის ადრე დადგენილ დამოკიდებულებებსა და სიდიდეებთან, მაგალითად, გაყოფის მოცემულ პირობებში (განსაზღვრული უძრავი ფაზა, უძრავი ფაზისა და მყარი გადამტანის შეფარდება, სვეტის ტემპერატურა და სხვ.) ამა თუ იმ პიკის, მაგალითად, I პიკის (სურ. 40) ადგილი ქრომატოგრამაზე მკაცრად არის განპირობებული მისივე თვისებებით. ასე, რომ AD მონაკვეთით განსაზღვრული შეკავებული მოცულობის ($V_R$) ანდა შეკავების დროის ($t_R$) სიდიდეთა მიხედვით (რომლებიც განსაზღვრულია მონაკვეთით) შესაძლებელია იდენტიფიცირებულ იქნას I კომპონენტი, როგორც ცნობილი კომპონენტი A, თუკი ქრომატოგრაფირების იგივე პირობებში ხასიათდება შეკავებული მოცულობის ($v_R$) ან შეკავების დროის ($t_R$) ისეთივე სიდიდით.

უფრო მარტივი და საიმედო მეთოდია შეფარდებითი შეკავებული მოცულობების ($V^{\circ}_R$) შედარების მეთოდი.

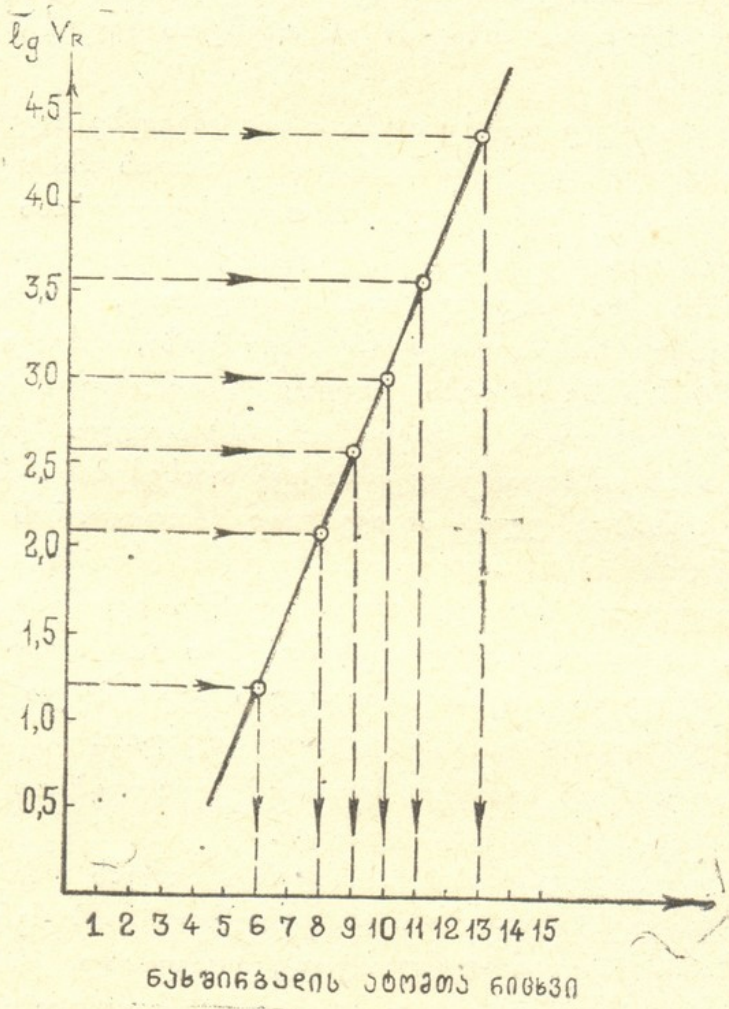
ამ მეთოდის გამოყენებისას საანალიზო ნიმუშს უმატებენ სტანდარტულ ნივთიერებას (თუ ნაზავის ერთ-ერთი კომპონენტის ბუნება ცნობილია, მას მიიჩნევენ სტანდარტად), მაგალითად, კომპონენტ II-ს (სურ. 40) და მის შესწორებულ შეკავებულ მოცულობას (BD′ მონაკვეთი) შეუფარდებენ ყველა სხვა კომპონენტის შესწორებულ შეკავებულ მოცულობებს (BD′:BD I კომპონენტისათვის, BD′:BD″ III კომპონენტისათვის და ა. შ.).

$V^{\circ}_R$ სიდიდეებს ადარებენ სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში.

განვიხილოთ ისეთი შემთხვევა, როცა მრავალკომპონენტიანი ნაზავი შედგება ერთი ჰომოლოგიური რიგის ნივთიერებისაგან.

თერმოდინამიკური ანალიზით დადგენილია, რომ ერთი ჰომოლოგიური რიგის ნივთიერებებისათვის არსებობს შეკავებულ მოცულობათა ლოგარითმების წრფივი დამოკიდებულება ნახშირბადის ატომთა რიცხვზე.

$\lg V_R^{\circ} = f(n)$ დამოკიდებულების გრაფიკის არსებობის შემთხვევაში, სადაც n ნახშირბადის ატომების რიცხვია, შესაძლებელია სწრაფად განისაზღვროს საანალიზო ნაზავში არსებული კომპონენტები. 43-ე სურათზე წარმოდგენილია ამგვარი იდენტიფიკაციის ერთ-ერთი მაგალითი.




სურ. 43. ნ-ცხიმოვანი მჟავების ნაზავის კომპონენტთა იდენტიფიცირება ნახშირბადის ატომთა რიცხვზე შეკავებულ მოცულობათა დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით.

როგორც სურათიდან ჩანს, ცხიმოვანი რიგის მჟავათა ნაზავის კომპონენტებს, რომლებისთვისაც განსაზღვრული იყო შეკავებულ მოცულობათა ლოგარითმები, შეესაბამება 6; 8; 9; 10; 11 და 13 ნახშირბადის ატომთა რიცხვის მქონე მჟავები — ჰექსანის, ოქტანის, ნონანის, დეკანის, უნდეკანის და ტრიდეკანისა.

ზემოაღნიშნული მეთოდით ყურძნის კანში იდენტიფიცირებული იყო ნახშირწყალბადები $C_{15}$—$C_{33}$-მდე ნახშირბადის ატომების რიცხვით [46].

ზემოაღნიშნული მეთოდის გარდა, გამოყენებულია ნაერთთა იდენტიფიკაცია სუნის მიხედვით, რაც ხორციელდება ქრომატოგრაფიული სვეტიდან გამომავალი კომპონენტების სუნის განსაზღვრით. ინერტული გადამტანი გაზის ნაკადში არსებულ კომპონენტს ქრომატოგრაფიდან გამოსვლისას ამოწმებენ სუნზე მაშინ, როცა თვითმწერის კალამი იწყებს ამ კომპონენტის შესაბამისი პიკის გამოხაზვას.

თავისთავად ცხადია, რომ ამა თუ იმ კომპონენტის სუნით განსაზღვრა შესაძლებელია მხოლოდ საორიენტაციოდ, რადგან ბევრ ნივთიერებას ერთმანეთის მსგავსი სუნი ახასიათებს და შეიძლება მცდარ დასკვნებთან გვქონდეს საქმე.

სუნით ნივთიერებათა გამოცნობისას საჭიროა სიფრთხილის გამოჩენა, ვინაიდან საანალიზო ნაზავი შეიძლება შეიცავდეს მავნე ნაერთთა მინარევებს.

უნდა აღინიშნოს, რომ სუნით იდენტიფიცირების მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იყოს მხოლოდ ისეთ დეტექტორიან ქრომატოგრაფზე მუშაობისას, რომელიც არ იწვევს გასაყოფ ნაერთთა ცვლილებებს. ასეთ ქრომატოგრაფს განეკუთვნება კატარომეტრიანი ქრომატოგრაფი. ბუნებრივია, აალებად-იონიზაციური დეტექტორიანი ქრომატოგრაფზე მუშაობისას სუნით იდენტიფიცირების მეთოდი არ გამოდგება.

საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა იდენტიფიკაციას მიმართავენ, აგრეთვე, ქიმიური და ფიზიკური თვისებების მიხედვით. ამ მეთოდის გამოყენებისას ნაზავის ცალკეულ კომპონენტებს მიკროდამჭერების საშუალებით აგროვებენ (კონდენსაცია, გამოყინვა), ან ახდენენ ნაერთთა შთანთქმას სპეციალური გამხსნელით, ანდა ლექავენ ადვილაქროლადი წარმოებულების სახით შესაფერი რეაგენტის ხსნარში გადამტანი გაზის გატარებისას.

ქიმიური და ფიზიკური თვისებებით იდენტიფიკაციის რამდენიმე საშუალება არსებობს. მათი გამოყენება განპირობებულია თვით საკვლევ ნაერთთა ბუნებით. ამ მეთოდით იდენტიფიკაციის საშუალებათაგან უნდა აღინიშნოს:

1) ულტრაიისფერ და ინფრაწითელ უბნებში შთანთქმა, აგრეთვე მასს-სპექტროფოტომეტრიის მეთოდი;

2) საანალიზო კომპონენტის ისეთი ფიზიკური კონსტანტების განსაზღვრა, როგორიცაა გარდატეხის კოეფიციენტი, დნობისა და დუღილის წერტილები, მოლეკულური წონა, საკვლევი ნივთიერებების წარმოებულთა კრისტალების ფორმა და ფერი.

3) საანალიზო კომპონენტის ქიმიური თვისებების გამოკვლევა, რაც გულისხმობს ნაერთთა კლასის განსაზღვრას დამახასიათებელი ფერადი რეაქციების გამოყენებით, წარმოებულების მიღება, ელემენტალური ანალიზი და სხვ.

4) ქაღალდის ქრომატოგრაფია, განმეორებითი გაზურ-ქრომატოგრაფიული ანალიზი წინასწარი აღდგენით, იდენტიფიცირებულ ნაერთთა ნაწილობრივი ან მთლიანი პიროლიზით.

იდენტიფიკაციის ზემოჩამოთვლილ საშუალებათაგან შესრულების სიმარტივისა და სისწრაფის მიხედვით გამოირჩევა საანალიზო ნაზავის უცნობ კომპონენტთა ფუნქციონალური ჯგუფების იდენტიფიკაციის მეთოდი ქიმიური რეაქციების დახმარებით. ეს მეთოდები სამი სახისაა:

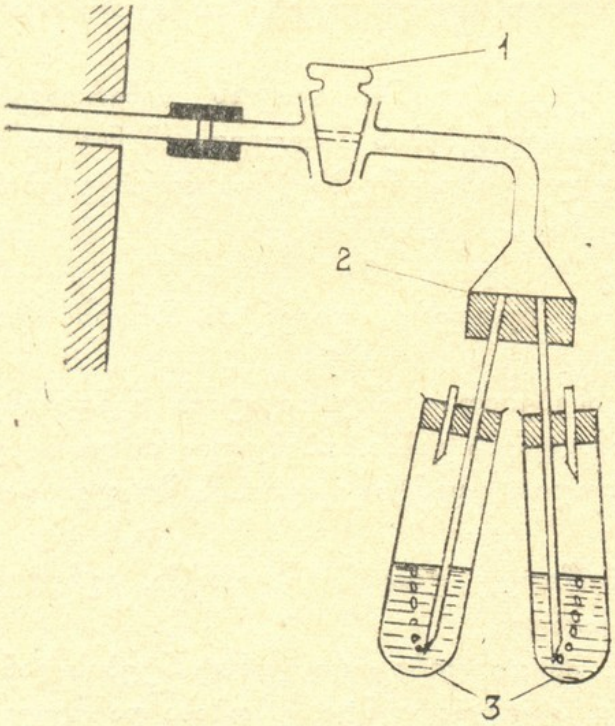
1) ქრომატოგრაფიდან გამომავალი კომპონენტების თვისებრივი ფერადი რეაქციების ჩატარება;

2) ქრომატოგრამის მოხსნა ნივთიერებათა ცალკეული ჯგუფების სელექტური გამოწვლილვის შემდეგ;

3) საანალიზო კომპონენტების წარმოებულების დნობის ტემპერატურებისა და კრისტალური სტრუქტურის განსაზღვრა.

## თვისებრივი ფერადი რეაქციები

44-ე სურათზე გამოსახულია ფერადი რეაქციების ჩასატარებელი მოწყობილობა, რომელიც ქრომატოგრაფის გამოსასვლელ ხაზს უერთდება.

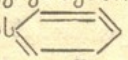



სურ. 44. ქრომატოგრაფიული სვეტიდან გამომავალი კომპონენტების თვისებრივი ფერადი რეაქციების ჩასატარებელი მოწყობილობა.

გადამტანი გაზის ნაკადი გაივლის სამსვლიან ონკანში (1), მოხვდება განმანაწილებელში (2), სადაც 5 ნაკადად ნაწილდება და ნემსა კაპილარების საშუალებით შედის სინჯარებში (3), რომელშიც რეაქტივის ხსნარია მოთავსებული. პიკის გამოხაზვის შემდეგ სამსვლიან ონკანს იმგვარად შეატრიალებენ, რომ გადამტანი გაზი სხვა კომპონენტთან ერთად მოხვდეს სხვა სინჯარებში. ვიდრე მეორე კომპონენტის იდენტიფიკაცია დამთავრდებოდეს, ამზადებენ სინჯარების ახალ სისტემას მომდევნო კომპონენტისათვის.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

**თვისებრივი რეაქციები ორგანულ ნივთიერებათა ფუნქციონალურ ჯგუფებზე**

| ნაერთთა კლასი | სინჯარაში მოთავსებული რეაქტივი | დამატებითი რეაქცია | განსასაზღვრი ნაერთის მინიმუმი, მკგ |
|---|---|---|---|
| პირველადი და მეორადი ალიფატური სპირტები | 1) **ნიტროქრომის მჟავა:** 7,5n აზოტმჟავას 10 წვეთი +1%-იანი $K_2Cr_2O_7$-ის 1 წვეთი | შეფერვის ცვლილება ღია ყვითლიდან ბაც-ცისფრამდე | 20 |
| | 2) **აზოტმჟავა ცერიუმი:** 2 გ $(NH_4)_2$ Ce $(NO_3)_6$-ს ხსნიან 50 მლ 2n$HNO_3$-ში. სინჯარაში ათავსებენ 5 წვეთ რეაგენტს +5 წვეთ წყალს | შეფერვის შეცვლა ყვითლიდან წითლამდე | 100 |
| მეთილკეტონები | **2, 4 — დინიტროფენილჰიდრაზინი** (მაძღარი ხსნარი 2n HCl-ში) | წვრილი კრისტალური ნალექი ყვითლიდან ნარინჯისფრამდე | 20 |
| ალდეჰიდები | 1) **2, 4-დინიტროფენილჰიდრაზინი** | | |
| | რეაქტივის 10 წვეთი | იგივე | 20 |
| | 2) **ფუქსინგოგირდოვანი მჟავა** | შეფერვის შეცვლა ვარდისფრიდან მეწამულამდე | 50 |
| | 100 მლ წყალში გახსნილ 25 გ ფუქსინს აუფერულებენ მასში გოგირდოვანი გაზის გატარების საშუალებით; რეაქტივის 10 წვეთი | | |
| ეთერები | **ჰიდროქსილამინი,** ქლორიანი რკინა<br>1n $NH_2OH \cdot HCl$-ის მეთანოლიანი ხსნარის 10 წვეთი +3—4 წვეთი 2n KOH-ის სპირტხსნარისა | 5 წვეთი HCl-ისა და 1—2 წვეთი $FeCl_3$-ის 10%-იანი ხსნარის დამატების შემდეგ ხსნარის შეფერვა წითელია | 40 |
| ამინები | 1) **ბენზოსულფოქლორიდი** | | |
| | 5 წვეთი პირიდინი +1 წვეთი NaOH-ის 5%-იანი ხსნარისა. ნიმუშის გატარების შემდეგ უმატებენ ბენზოსულფოქლორიდის  $SO_2Cl$ 1—2 წვეთს | ყითელი შეფერვა პირველადი და მეორადი ამინებისათვის, ვარდისფერ-მეწამული მესამეული ამინებისათვის | 100 |
| არომატული ნახშირწყალბადები | **ფორმალდეჰიდი — გოგირმჟავა** | | |
| | კონცენტრული გოგირდმჟავის 10 წვეთი + 37%-იანი ფორმალდეჰიდის 1 წვეთი | წითელი ღვინის ფერი | 20 |
| ალიფატური მაძღარი ნახშირწყალბადები | იგივე | იგივე | 40 |

მე-8 ცხრილში მოცემულია ის რეაქტივები, რომლებიც თვისებრივი ფერადი რეაქციების საფუძველზე ორგანულ ნივთიერებათა ამა თუ იმ კლასის იდენტიფიკაციის ჩატარების საშუალებას იძლევიან.

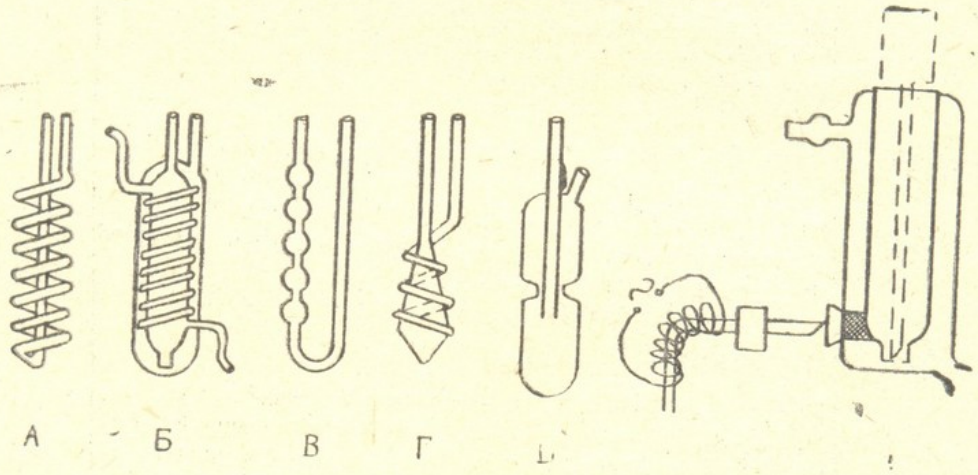
ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ქრომატოგრაფიული სვეტიდან გამომავალი კომპონენტების შეგროვება

ქრომატოგრაფიული გაყოფის შედეგად სვეტიდან გამომავალი ცალკეული კომპონენტების შესაგროვებლად მრავალი სხვადასხვა კონსტრუქციის დამჭერი არსებობს. მათ განეკუთვნება ჩვეულებრივი U-ს მაგვარი მილები, რომლებსაც ათავსებენ მშრალი ყინულით ან სხვა გამაცივებელი მასით გავსებულ დიუარის ჭურჭელში, აგრეთვე, სხვა მოწყობილობანი კვების პროდუქტების ბუკეტის შემადგენლობაში შემავალი ულტრამიკროელემენტების შესაგროვებლად.

მცირე რაოდენობის კომპონენტების გადამტანი გაზისაგან მოცილება და დაჭერა რთულდება იმ მიზეზით, რომ ხშირად ძნელია სრული კონდენსაციის მიღწევა აეროზოლების წარმოქმნის გამო.

45-ე სურათზე წარმოდგენილია ქრომატოგრაფიულ სვეტზე დაყოფილი საანალიზო ნაზავის კომპონენტებისა თუ ცალკეული ფრაქციების სპეციალური დამჭერების სხვადასხვა ტიპი.




სურ. 45. ქრომატოგრაფიულ სვეტზე დაყოფილი კომპონენტების დამჭერი მოწყობილობანი А, Б, В, Г, Д—გამაცივებელი დამჭერის ტიპები; Е—მშთანთქმელი დამჭერი.

ზოგიერთი ტიპის დამჭერს გააჩნია სპეციალური ონკანი ქრომატოგრაფთან შესაერთებლად. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ონკანის არსებობა არასაიმედოს ხდის დამჭერის მუშაობას და რამდენადმე აქვეითებს გაყოფის ხარისხს [17].

გადამტანი გაზის ნაკადიდან კომპონენტების გამოწვლილვისა და დაჭერის ეფექტურობის გაზრდის მიზნით დამჭერებს ავსებენ ცელიტით, აზბესტის ბოჭკოებით ან ჩვეულებრივი ბამბით. მაგრამ ეს მე-

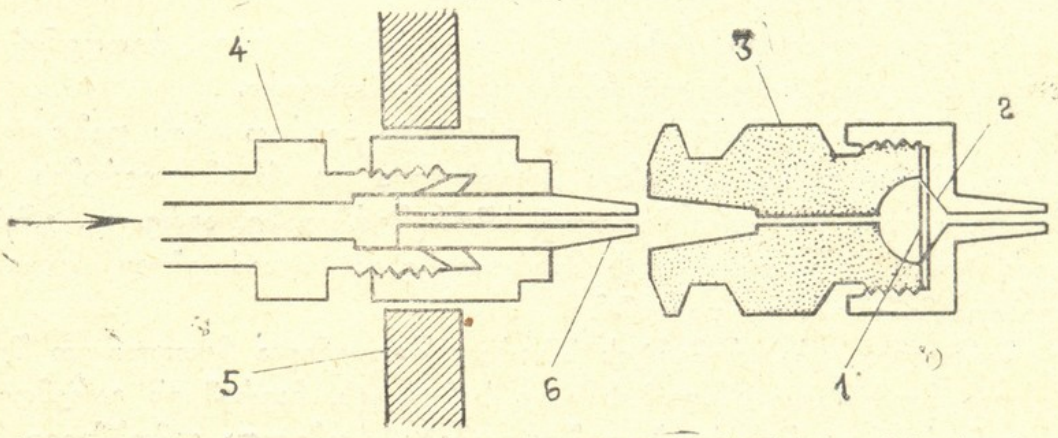
ტად ზრდის წინააღმდეგობას გადამტანი გაზის ნაკადისათვის. დანაკარგების თავიდან აცილების მიზნით მთლიანი ხაზი ქრომატოგრაფიული გამოსასვლელიდან დამჭერამდე ჰერმეტული უნდა იყოს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

დამჭერების გაცივების ტემპერატურის სიდიდე დამოკიდებულია შესაგროვებელი ნივთიერებების აქროლადობისუნარიანობაზე. მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტები კარგად კონდენსირდებიან მდნარი ყინულის ტემპერატურაზეც კი. იმ კომპონენტთა დაჭერისას, რომელთა დუღილის ტემპერატურა 100°C-ზე დაბალია, იყენებენ მშრალ ან კიდევ თხევად აზოტს [17].

იმ შემთხვევაში, როცა გადამტანი გაზის სიჩქარე შედარებით დიდია, მცირე რაოდენობით კომპონენტების კონდენსირება ძნელდება, რადგან ვერ ასწრებენ დამჭერის გაცივებულ კედლებზე კონდენსაციას.

ამ სიძნელის თავიდან აცილების მიზნით შექმნილია შემკრები, რომელიც ორი სვეტისაგან შედგება: ერთ-ერთი მათგანი ლითონისაა და შევსებულია ცელიტით, რომელიც შთანთქავს ნივთიერებას. შემდეგ მილსმო ხსნიან ქრომატოგრაფიდან და მასში ატარებენ ნეიტრალურ გაზს მცირე სიჩქარით, რის შედეგადაც კოპონენტი დესორბირდება ცელიტიდან და კონდენსირდება მინის მილში.




სურ. 46. მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტთა შესაგროვებელი მოწყობილობა ინფრაწითელი სპექტრომეტრული ანალიზის ჩასატარებლად.

46-ე სურათზე წარმოდგენილია მოწყობილობა, რომლის საშუალებით ხორციელდება მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნაერთების დაჭერა და შეგროვება ინფრაწითელი სპექტრომეტრული ანალიზის ჩასატარებლად. ამ მოწყობილობის მუშაობის პრინციპი შემდეგია: კომპონენტი ადსორბირდება ცელულოზური მემბრანის (1) საშუალებით, რომელიც ბადით (2) დამაგრებულია ტეფლონის დამჭერში (3). ეს დამჭერი მცირე თბოგამტარობისაა და საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ არასასურველი წინასწარი კონდენსაცია. დამჭერს აერთებენ თერმოსტატის (5) გამოსასვლელ ხაზთან ნიპელით

(4) კონუსური ხეხის დახმარებით (6). ცელულოზური მემბრანის დიამეტრი 1 სმ-ის ტოლია.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

იმ შემთხვევაში, როცა მოსალოდნელია, რომ შესაგროვებელი კომპონენტი დაკონდენსირდეს ქრომატოგრაფის გამოსასვლელიდან შემკრებამდე მონაკვეთზე, აუცილებელია ეს მანძილი გახურდეს საჭირო ტემპერატურაზე იზოლირებული გამახურებელი ელემენტების დახმარებით.

## რაოდენობრივი ანალიზი

ქრომატოგრაფიულ საანალიზო პრაქტიკაში მიღებული მონაცემების რაოდენობრივ გაანგარიშებას დიდი ყურადღება ექცევა, ვინაიდან სწორი შედეგების მიღება მხოლოდ ზუსტად შედგენილი და ჩატარებული ექსპერიმენტის შემთხვევაშია შესაძლებელი. გაზურ-სითხურ ქრომატოგრაფიაში უფრო ხშირად საქმე გვაქვს რაოდენობრივი ანალიზის ისეთი ტიპიური ამოცანების გადაწყვეტასთან, როგორიცაა:

1. მრავალკომპონენტიანი ნაზავის ერთი, რამდენიმე ან ყველა კომპონენტის განსაზღვრა;
2. რომელიმე ერთი ნიშნით გაერთიანებული რამდენიმე კომპონენტის საერთო რაოდენობის განსაზღვრა, ნაზავში არსებულ სხვა ჯგუფის ნაერთებთან შედარების მიზნით;
3. ინდივიდუალურ ქიმიურ შენაერთებში მცირე რაოდენობით (ზოგჯერ მიკრო) არსებული მინარევების განსაზღვრა.

ამ ამოცანების წარმატებით გადაწყვეტა ბევრად არის დამოკიდებული აპარატურის, ანალიზის პირობებისა და ქრომატოგრამის გაშიფრვის რაციონალური მეთოდის სწორ შერჩევაზე, აგრეთვე, ექსპერიმენტის ცალკეული ეტაპის შესრულებისას შესაძლებელ ცდომილებათა მინიმუმამდე დაყვანაზე.

მართალია, ექსპერიმენტის სწორად შედგენილი მეთოდიკით შეგვიძლია მივაღწიოთ ანალიზის დიდ სიზუსტეს, მაგრამ ეს გარემოება არ გამორიცხავს შესაძლებელ შეცდომებს, რომელთა გამომწვევი მიზეზები შეიძლება იყოს:

1. ცდომილება ნიმუშის შეტანის მეთოდიკაში;
2. საანალიზო სინჯის ადსორბცია ან დაშლა ქრომატოგრაფში;
3. დეტექტორის მახასიათებელთა არასწორი შეფასება;
4. თვითმწერის მახასიათებელთა არასწორი შეფასება;
5. ინტეგრირების მეთოდის უზუსტობა;
6. გამოანგარიშების დროს დაშვებული შეცდომები.

ქრომატოგრაფში ნიმუშის შეტანისას შესაძლებელი შეცდომების მიზეზი შეიძლება ორგვარი იყოს. პირველი — როცა საანალიზო ნიმუშის რაოდენობა ზუსტად არ არის განსაზღვრული. მეორე — შესაძ-

ლებელი დანაკარგი ნიმუშის სვეტში მოხვედრამდე დაშლის, აორთქ-
ლების ანდა რაიმე ქიმიური გარდაქმნის შედეგად. ზოგჯერ ექსპერი-
მენტატორი მიიჩნევს, რომ ქრომატოგრამაზე გამოსახული პიკი შე-
ესაბამება ქრომატოგრაფში შეტანილი ნიმუშის მთლიან რაოდენობას,
როცა კომპონენტი ადსორბირებული ან დაშლილია ამაორთქლებელ-
ში, სვეტსა ან დეტექტორში.

რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარების დროს დიდი ყურადღება
უნდა მიექცეს თვითმწერის მუშაობას — შემოწმდეს წრფივი დიაპა-
ზონი, კალმის მოძრაობის სიჩქარე, არამგრძნობიარობის ზონა და
ელექტრული ნული. სასურველია სტანდარტულ ნაერთებზე შემოწ-
მდეს თვითმწერის მაჩვენებელთა სიზუსტე.

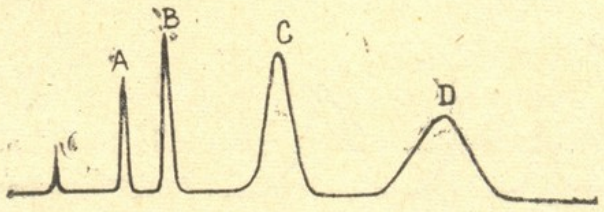
თითოეული დეტექტორის მგრძნობიარობა ნაერთის კომპონენტთა
მიმართა სხვადასხვაა. ამიტომ იყენებენ შესწორების კოეფიციენტებს,
რომლებიც ითვალისწინებენ ცალკეულ ნივთიერებათა სპეციფიურო-
ბას. უნდა გავითვალისწინოთ ისიც, რომ დეტექტორის მგრძნობიარო-
ბა იცვლება სამუშაო პირობების შეცვლასთან ერთად. ზუსტი შედე-
გების მისაღებად საჭიროა დავიცვათ გადამტანი გაზის სისუფთავე,
ნაკადის სიჩქარე, მგრძნობიარე ელემენტების წინააღმდეგობა, შევი-
ნარჩუნოთ დეტექტორის დენისა და ტემპერატურის მუდმივი მაჩვე-
ნებელი.

ინტეგრირების მეთოდის გამოყენებისას შეცდომები შეიძლება და-
ვუშვათ პიკის შესაბამისი ციფრული მონაცემების მიღების დროს.

მოსალოდნელი შეცდომები თან ახლავს, აგრეთვე პიკის ფართო-
ბის, შეფარდებითი პროცენტული რაოდენობისა თუ სხვა მონაცემთა
გამოთვლა-გამოანგარიშებას.

### ფართობების ნორმირება

ნ ო რ მ ი რ ე ბ ა ეწოდება საანალიზო ნაზავის პროცენტული შე-
მადგენლობის გამოანგარიშებას ცალკეული პიკის ფართობის გაყო-
ფით პიკების ფართობთა ჯამზე (სურ. 47).




სურ. 47. ფართობების ნორმირება.

$$\%A = \frac{\text{A პიკის ფართობი}}{\text{პიკების ფართობთა ჯამი}} \cdot 100$$

ეს მეთოდი შეიძლება გამოვიყენოთ ერთი ჰომოლოგიური რიგის ახლომდებარე დუღილის ტემპერატურის მქონე ნივთიერებათა წონითი პროცენტების გამოანგარიშებისათვის. თუ კი ექსპერიმენტატორი დარწმუნებულია, რომ ქრომატოგრაფიული სვეტიდან ყველა კომპონენტი ელუირდება და დეტექტორის გრძნობიარობა ყველა ნივთიერებისადმი ერთი და იგივეა, ზემოაღწერილი მეთოდი საკმაოდ სწრაფი და მარტივია.

### 1) შესწორების კოეფიციენტები

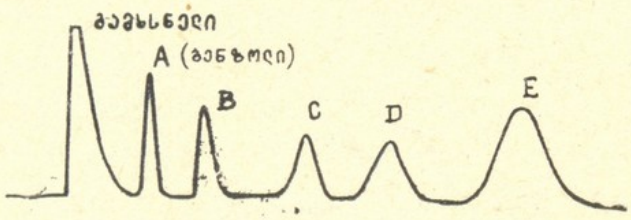
საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა შესაბამისი პიკების ფართობები, საზოგადოდ, პირდაპირ პროპორციული არ არის პროცენტული შემცველობისა, ამიტომ ზუსტი მონაცემების მიღებისათვის საჭირო ხდება შესწორების კოეფიციენტის განსაზღვრა ცალკეული კომპონენტისათვის.

ვინაიდან სხვადასხვა დეტექტორი განსხვავებული პრინციპით მუშაობს, შესწორების კოეფიციენტს გამოვითვლით ცალკეული დეტექტორისათვის. ერთხელ გამოანგარიშებული შესწორების კოეფიციენტის საშუალებით შეიძლება ნაზავის პროცენტული შემადგენლობის განსაზღვრა.

შესწორების კოეფიციენტი შეიძლება გამოვიყენოთ ნაზავში კომპონენტების შემცველობის გამოანგარიშებისათვის წონითი, მოცულობითი ან მოლარული პროცენტობით.

#### ა) შესწორების კოეფიციენტის გამოანგარიშება აალებად-იონიზაციური დეტექტორისათვის

ვამზადებთ A, B, C, Д და E ნივთიერებათა ხელოვნურ ხსნარს და ვატარებთ ქრომატოგრაფირებას (სურ. 48). ნაზავში შემავალი ცალკეული კომპონენტის წონა W ცნობილია. ვითვლით პიკების ფართობებს და ვანგარიშობთ შეფარდებას A/W. შესწორების f კოეფიციენტს ვანგარიშობთ თითოეული პიკისათვის მიღებული A/W სიდიდის შეფარდებით იგივე სიდიდეზე ბენზოლისათვის. უკეთუ შესწორების კოეფიციენტები გამოთვლილია ბენზოლის მიმართ, მაშინ ამ უკანასკნელის შესწორების კოეფიციენტად მივიჩნევთ 1,00-ს (ცხრილი 9)




სურ. 48. შესწორების კოეფიციენტის გამოანგარიშება აალებად-იონიზაციური დეტექტორისათვის.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

**შესწორების კოეფიციენტების გამოანგარიშება აალებად-იონიზაციური დეტექტორისათვის**

| პიკები | W, მკგ | A, სმ² | A/W | f |
|---|---|---|---|---|
| A (ბენზოლი) . . . . . | 0, 435 | 4, 0 | 9, 19 | 1, 00 |
| B . . . . . | 0, 653 | 6, 5 | 9, 95 | 1, 08 |
| C . . . . . | 0, 864 | 7, 6 | 8, 79 | 0, 96 |
| D . . . . . | 0, 864 | 8, 1 | 9, 38 | 1, 02 |
| E . . . . . | 1, 760 | 15, 0 | 8, 52 | 0, 93 |

დეტექტორის იმავე პარამეტრებში ეს შესწორების კოეფიციენტები შეიძლება გამოვიყენოთ B, C, D და E კომპონენტების შემცველობის გამოანგარიშებისათვის წონით პროცენტებში A-ს (ბენზოლი) მიმართ.

ამ მონაცემების საფუძველზე უცნობი B კომპონენტის წონა შეიძლება გამოვიანგარიშოთ შემდეგნაირად:

$$W_B = \frac{W_A \cdot A_B}{f_B \cdot A_A},$$

სადაც $W_B$ — B კომპონენტის წონაა; $W_A$ — A სტანდარტის წონა; $A_A$ — A სტანდარტის პიკის ფართობი; $f_B$ — B კომპონენტის შესწორების კოეფიციენტი A კომპონენტის მიმართ თანაბარი წონითი რაოდენობების დროს.

აალებად-იონიზაციური დეტექტორის მგრძნობიარობა არ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე, გადამტან გაზსა და მის სიჩქარეზე. ამიტომ იგი ყველაზე უფრო გამოსადეგი და შესაფერისია რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარებისათვის.

ნივთიერებათა წონით პროცენტებში გამოანგარიშებისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას მე-9 ცხრილში მოცემული შესწორების კოეფიციენტები, რადგან ცხრილში კოეფიციენტები გამოთვლილია ბენზოლის მიმართ, ამიტომ აქ ბენზოლის შესწორების კოეფიციენტი მიღებულია 1,00-ის ტოლად [71, 84].

როგორც აალებად-იონიზაციური, ისე თბოგამტარობის დეტექტორებისათვის შესწორების კოეფიციენტის მაჩვენებლები მოცემული აქვს ვ. დიტცს [72].

ეროვნული ბიბლიოთეკა

**შესწორების კოეფიციენტები აალებად-იონიზაციური დეტექტორისათვის**

| ნაერთები | შესწორების კოეფიციენტი (წონითი) |
|---|---|
| ნ-პარაფინები: | |
| მეთანი | 1,23 |
| ეთანი | 1,15 |
| პროპანი | 1,13 |
| ბუთანი | 1,11 |
| პენტანი | 1,11 |
| ჰექსანი | 1,11 |
| ჰეპტანი | 1,10 |
| ოქტანი | 1,10 |
| ნონანი | 1,09 |
| დეკანი | 1,09 |
| იზო-პარაფინები: | |
| $C_4$ | 1,11 |
| $C_5$ | 1,11 |
| $C_6$ | 1,10 |
| $C_7$ | 1,10 |
| $C_8$ | 1,10 |
| $C_9$ | 1,09 |
| $C_{10}$ | 1,09 |
| ოლეფინები ერთი ორმაგი კავშირით | |
| $C_2$ | 1,08 |
| $C_3$ | 1,08 |
| $C_{10}$ | 1,08 |
| ოლეფინები ორი ორმაგი კავშირით | |
| $C_3$ | 1,02 |
| $C_4$ | 1,04 |
| $C_5$ | 1,05 |
| $C_6$ | 1,05 |
| $C_7$ | 1,05 |
| $C_8$ | 1,06 |
| $C_9$ | 1,06 |
| $C_{10}$ | 1,06 |
| ნაფტენები: | |
| ციკლოპენტანი | 1,08 |
| მეთილციკლოპენტანი | 1,08 |
| ციკლოპექსანი | 1,08 |
| მეთილციკლოჰექსანი | 1,08 |
| ყველა იზომერი | 1,08 |
| არომატული ნახშირწყალბადები: | |
| ბენზოლი | 01,0 |
| ტოლუოლი | 1,01 |
| ეთილბენზოლი | 1,02 |
| ქსილოლები | 1,02 |
| $C_3$ | 1,03 |
| $C_4$ | 1,03 |
| $C_5$ | 1,03 |
| სპირტები (პირველადი, მეორეული, მესამეული) | |
| მეთილის | 2,46 |
| ეთილის | 1,77 |
| $C_3$ | 1,55 |
| $C_4$ | 1,42 |
| $C_5$ | 1,35 |
| $C_6$ | 1,30 |
| $C_7$ | 1,27 |
| $C_8$ | 1,25 |
| $C_9$ | 1,23 |
| რთული ეთერები (ნ- და იზო) | |
| $C_2$ | 2,30 |
| $C_3$ | 1,90 |
| $C_4$ | 1,69 |
| $C_5$ | 1,57 |
| $C_6$ | 1,48 |
| $C_7$ | 1,43 |
| $C_8$ | 1,39 |
| $C_9$ | 1,35 |
| $C_{10}$ | 1,32 |
| მარტივი ეთერები (ნ- და იზო-არასიმეტრიული და სიმეტრიული) | |
| $C_2$ | 1,77 |
| $C_3$ | 1,54 |
| $C_4$ | 1,42 |
| $C_5$ | 1,35 |
| $C_6$ | 1,31 |
| $C_7$ | 1,27 |
| $C_8$ | 1,25 |
| $C_9$ | 1,23 |
| $C_{10}$ | 1,21 |
| კეტონები (ნ- და იზო-არასიმეტრიული და სიმეტრიული) | |
| $C_3$ | 1,48 |
| $C_4$ | 1,38 |
| $C_5$ | 1,32 |
| $C_6$ | 1,28 |
| $C_7$ | 1,25 |
| $C_8$ | 1,23 |
| $C_9$ | 1,21 |
| $C_{10}$ | 1,20 |

ეროვნული ბიბლიოთეკა

### ბ) შესწორების კოეფიციენტის გამოანგარიშება თბოგამტარობის დეტექტორისათვის

ეს კოეფიციენტები შეიძლება გამოვიანგარიშოთ იგივე მეთოდით, როგორც აალებად-იონიზაციური დეტექტორის შემთხვევაში.

შესწორების წონითი კოეფიციენტი იანგარიშება — ნივთიერების მოლეკულური წონა გაყოფილი თბოგამტარობის დეტექტორის შეფარდებით მგრძნობელობაზე ამ ნაერთის ერთი მოლისათვის (ცხრ. 11). შეფარდებითი მგრძნობიარობა გამოთვლილი უნდა იქნას ბენზოლის მიმართ, რომლისთვისაც მგრძნობიარობა 100-ის ტოლად [72, 122] არის მიჩნეული.

იმისათვის, რომ მივიღოთ კომპონენტის ჭეშმარიტი წონის შესაბამისი პიკის ფართობი, პიკის ფართობს ვამრავლებთ შესწორების წონითს კოეფიციენტზე. ამ სიდიდეთა ნორმირების შემდეგ ვღებულობთ ცალკეული კომპონენტის წონითს პროცენტულ მაჩვენებელს.

**მაგალითი:** ჩატარებული გვაქვს ეთანოლის, იზობუთანოლის, ეთილაცეტატის, იზოპროპილაცეტატისა და იზოამილაცეტატის ნაზავის ქრომატოგრაფიული ანალიზი.

განვსაზღვროთ ნაზავში ცალკეული კომპონენტის შემადგენლობა წონით პროცენტებში, თუ კი პიკის ფართობები შესაბამისად უდრის 8,0; 7,0; 5,0; 4,5 და 6,0 სმ²-ს.

#### I ეტაპი

თავდაპირველად ვპოულობთ შესწორების წონით კოეფიციენტს თითოეული კომპონენტისათვის და ვამრავლებთ შესაბამისი პიკის ფართობის მაჩვენებელზე:

| კომპონენტი | ფართობი, სმ² | | შესწორების წონითი კოეფიციენტი | | შესწორებული ფართობი, სმ² |
|---|---|---|---|---|---|
| ეთანოლი: | 8,0 | × | 0,64 | = | 5,12 |
| იზობუთანოლი: | 7,0 | × | 0,77 | = | 5,39 |
| ეთილაცეტატი: | 5,0 | × | 0,79 | = | 3,95 |
| იზოპროპილაცეტატი: | 4,5 | × | 0,84 | = | 3,78 |
| იზოამილაცეტატი: | 6,0 | × | 0,90 | = | 5,40 |
| | | | | ჯამი | 23,64 |

#### II ეტაპი

ნორმირების ჩატარების მიზნით ცალკეული პიკის ფართობისა და შესწორების კოეფიციენტის ნამრავლს ვყოფთ ამ ნამრავლთა ჯამურ მაჩვენებელზე. ამ გზით ვღებულობთ კომპონენტთა შემცველობის მაჩვენებელს წონითს პროცენტებში:

ეროვნული ბიბლიოთეკა

| ნორმირება | წონითი% |
|---|---|
| ეთანოლი: | $\frac{5,12}{23,64}=21,65$ |
| იზობუთანოლი: | $\frac{5,39}{23,64}=22,80$ |
| ეთილაცეტატი: | $\frac{3,95}{23,64}=16,71$ |
| იზოპროპილაცეტატი: | $\frac{3,78}{23,64}=16,0$ |
| იზოამილაცეტატი: | $\frac{5,40}{23,64}=22,84$ |
| | 100,0 |

ცხრილი 11

**შესწორების წონითი კოეფიციენტები თბოგამტარობის დეტექტორისათვის**

| ნაერთები | შესწორების კოეფიციენტები (წონითი) | ნაერთები | შესწორების კოეფიციენტები (წონითი) |
|---|---|---|---|
| ნ-პარაფინები: | | ოლეფინები | |
| მეთანი . . . . . | 0,45 | ეთილენი . . . . . | 0,585 |
| ეთანი . . . . . | 0,59 | პროპილენი . . . . | 0,652 |
| პროპანი . . . . . | 0,68 | იზობუთილენი . . . | 0,683 |
| ბუთანი . . . . . | 0,68 | ბუთან-1 . . . . . | 0,697 |
| პენტანი . . . . . | 0,69 | ტრანს-ბუთენ-2 . . . | 0,658 |
| ჰექსანი . . . . . | 0,70 | ცის-ბუთენ-2 . . . . | 0,643 |
| ჰეპტანი . . . . . | 0,70 | 3-მეთილბუთენ-1 . . . | 0,707 |
| ოქტანი . . . . . | 0,71 | 2-მეთილბუთენ-1 . . . | 0,707 |
| ნონანი . . . . . | 0,72 | პენტენ-1 . . . . . | 0,710 |
| დეკანი . . . . . | 0,71 | ტრანს-პენტენ-2 . . . | 0,673 |
| უნდეკანი . . . . . | 0,79 | ცის-პენტენ-2 . . . . | 0,710 |
| ტეტრადეკანი . . . . | 0,85 | 2-მეთილპენტენ-2 . . | 0,729 |
| $C_{20}$-დან $C_{36}$-მდე . . . | 0,72 | 2, 4, 4-ტრიმეთილპენ-ტენ-1 . . . . . | 0,71 |
| იზო-პარაფინები | | პროპადიენი . . . . | 0,76 |
| იზობუთანი . . . . | 0,710 | ბუთადიენი-1,3 . . . | 0,674 |
| იზოპენტანი . . . . | 0,707 | ციკლოპენტადიენი . . | 0,97 |
| ნეოპენტანი . . . . | 0,727 | იზოპრენი . . . . . | 0,738 |
| 2,2-დიმეთილბუთანი . | 0,741 | 1-მეთილციკლოჰექსანი | 0,837 |
| 2,3-დიმეთილბუთანი . | 0,741 | | |
| 2-მეთილპენტანი . . . | 0,714 | მეთილაცეტილენი . . | 0,69 |
| 3-მეთილპენტანი . . | 0,725 | დიციკლოპენტადიენი . | 0,73 |
| 2,2-დიმეთილპენტანი . | 0,752 | 4-ვინილციკლოჰექსანი . | 0,83 |
| 2,4-დიმეთილპენტანი . | 0,775 | ციკლოპენტენი . . . | 0,844 |
| 2,3-დიმეთილპენტანი . | 0,741 | | |
| 3,5-დიმეთილპენტანი . | 0,750 | არომატული ნახშირწყალ-ბადები | |
| 2, 2, 3-ტრიმეთილბუ-თანი . . . . . | 0,775 | ბენზოლი . . . . . | 0,780 |
| 2-მეთილჰექსანი . . . | 0,735 | ტოლუოლი . . . . | 0,794 |
| 3-მეთილჰექსანი . . . | 0,752 | | |
| 3-ეთილპენტანი . . . | | | |
| 2, 2, 4-ტრიმეთილპენ- | | | |

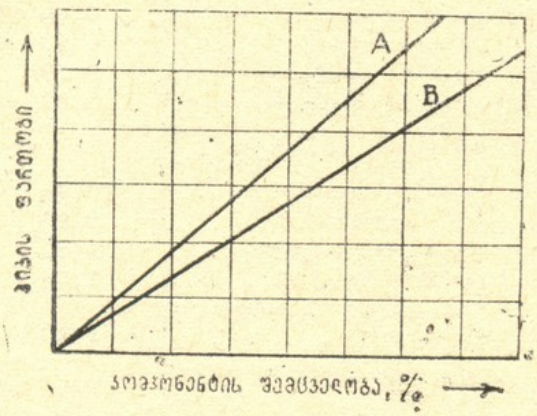
ეროვნული ბიბლიოთეკა

| ნაერთები | შესწორების კოეფიციენტები (წონითი) |
|---|---|
| არომატული ნახშირწყალბადები | |
| ეთილბენზოლი . . . | 0,822 |
| M-ქსილოლი . . . . | 0,812 |
| n-ქსილოლი . . . . | 0,812 |
| O-ქსილოლი . . . . | 0,840 |
| იზოპროპილენბენზოლი . | 0,847 |
| ნ. პროპილბენზოლი | 0,826 |
| 1, 2, 4-ტრიმეთილბენზოლი . . . . . | 0,800 |
| 1, 2, 3-ტრიმეთილბენზოლი . . . . . | 0,806 |
| ნ-ეთილტოლუოლი . . | 0,800 |
| 1, 3, 5-ტრიმეთილბენზოლი . . . . . | 0,805 |
| მეორ.-ბუთილბენზოლი . | 0,847 |
| დიფენილი . . . . . | 0,912 |
| 1, 2-დიფენილბენზოლი. | 1,060 |
| 1, 3-დიფენილბენზოლი . | 1,00 |
| 1, 4-დიფენილბენზოლი . | 1,03 |
| ტრიფენილმეთანი . . | 1,05 |
| ნაფტალინი . . . . | 0,923 |
| ტეტრალინი . . . . | 0,910 |
| 1-მეთილტეტრალინი . | 0,927 |
| 1-ეთილტეტრალინი . . | 0,944 |
| ტრანს-დეკალინი . . | 0,920 |
| ცის-დეკალინი . . . | 0,913 |
| ალიფატურ-ციკლური ნაერთები, ერთატომიანი სპირტები | |
| მეთანოლი . . . . . | 0,58 |
| ეთანოლი . . . . . | 0,64 |
| ნ-პროპანოლი . . . | 0,72 |
| იზოპროპანოლი . . . | 0,71 |
| ნ-ბუთანოლი . . . . | 0,78 |
| იზობუთანოლი . . . . | 0,77 |
| მეორ.-ბუთანოლი . . | 0,76 |
| მესამ.-ბუთანოლი . . | 0,77 |
| 3-მეთილპენტანოლი—1 . | 0,80 |
| პენტანოლ-2 . . . . | 0,80 |
| პენტანოლ-3 . . . . | 0,81 |
| 2-მეთილბუთანოლი-2 . | 0,83 |
| ნ-ჰექსანოლი . . . . | 0,87 |
| ჰექსანოლი-3 . . . . | 0,80 |
| ჰექსანოლი-2 . . . . | 0,77 |
| ნ-ჰეპტანოლი . . . . | 0,91 |
| დეკანოლ-5 . . . . . | 0,86 |
| დოდეკანოლ-2 . . . | 0,93 |
| ციკლოპენტანოლი . . | 0,79 |
| ციკლოჰექსანოლი . . | 0,89 |
| ორატომიანი სპირტები | |
| ჰექსანდიოლ-25 . . | 0,93 |
| ჰექსანდიოლ-1,6 . . . | 0,98 |
| დეკანდიოლ-1,10 . . | 1,62 |
| დეკანდიოლ-1,12 . . . | 1,58 |
| $C_{14}$ (ერთი მეორეული ჯგუფით) . . . . . | 1,80 |
| კეტონები | |
| აცეტონი . . . . . | 0,68 |
| მეთილეთილკეტონი . . | 0,74 |
| დიეთილკეტონი (პენტანონ-3) . . . . . | 0,78 |
| ჰექსანონ-3 . . . . . | 0,81 |
| ჰექსანონ-2 . . . . . | 0,77 |
| 3,3-დიმეთილბუთანონ-2 . . . . . | 0,97 |
| მეთილ-ნ-ამილკეტონი . | 0,86 |
| მეთილ-ნ-ჰექსილკეტონი | 0,87 |
| ციკლოპენტანონი . . | 0,79 |
| ციკლოჰექსანონი . . . | 0,785 |
| ნონანონ-2 . . . . . | 0,84 |
| მეთილიზობუთილკეტონი . . . . . | 0,86 |
| მეთილიზოამილკეტონი . | 0,83 |
| მარტივი ეთერები | |
| დიეთილის . . . . . | 0,67 |
| დიიზოპროპილის . . . | 0,79 |
| დი-ნ-პროპილის . . . | 0,78 |
| ეთილ-ნ-ბუთილის . . | 0,79 |
| დი-ნ-ბუთილის . . . | 0,81 |
| დი-ნ-ამილის . . . . | 0,86 |
| აცეტატები | |
| ეთილაცეტატი . . . | 0,79 |
| იზოპროპილაცეტატი . | 0,84 |
| ნ-ბუთილაცეტატი . . | 0,86 |
| ნ-ამილაცეტატი . . . | 0,89 |
| იზოამილაცეტატი . . | 0,90 |
| ნ-ჰეპტილაცეტატი . . | 0,93 |

## აბსოლუტური კალიბრირება

ვადგენთ ჩვენთვის საინტერესო ნივთიერებების სტანდარტულ ნაზავს კომპონენტების გარკვეული წონითი რაოდენობებით და ვატა-

რებთ მის ქრომატოგრაფიულ დაყოფას გაზურ ქრომატოგრაფზე. მიღებულ ქრომატოგრამაზე ვანგარიშობთ პიკების ფართობებს. შემდეგ ვადგენთ საკალიბრო გრაფიკს შემდეგნაირად: ვერტიკალურ-ღერძზე გადავზომავთ პიკების ფართობების მაჩვენებლებს, ხოლო ჰორიზონტალურზე—შეტანილი სინჯის რაოდენობას (სურ. 49). შემდეგ ქრომატოგრაფიულ სვეტში შეგვაქვს ნაზავის საანალიზო სინჯი ზუსტი რაოდენობით, სადაც კომპონენტთა დოზები ნაზავში უცნობია.




სურ. 49. აბსოლუტური კალიბრირების გრაფიკი.

საძიებელი კომპონენტის ფართობს ვადარებთ სტანდარტის პიკის ფართობს. საკვლევ ნაზავში სტანდარტის პროცენტული შემადგენლობა შეიძლება განვსაზღვროთ ან საკალიბრო გრაფიკით, ანდა ფორმულით:

$$\%B = (B \text{ პიკის ფართობი})\ /K,$$

სადაც K — საკალიბრო გრაფიკზე მიღებული წრფის დახრის კუთხის ტანგენსია.

აბსოლუტური კალიბრირების მეთოდს აქვს უარყოფითი მხარე, კერძოდ ის, რომ ყოველთვის აუცილებელია სინჯის ზუსტი რაოდენობის აღება, გარდა ამისა, მისი ჩატარება დიდ დროს მოითხოვს.

ამ მეთოდის გამოყენების დროს იზრდება მომთხოვნელობა დეტექტორისადმი, რომლის მგრძნობიარობა მუდმივი უნდა იყოს ცდიდან ცდამდე, რათა შეგვეძლოს მიღებული შედეგების შედარება საკალიბრო გრაფიკთან.

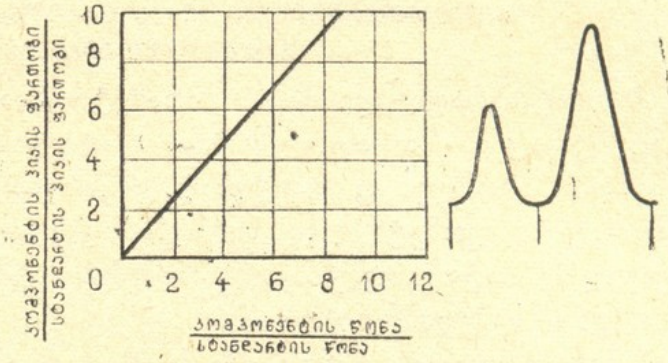
## შინაგანი სტანდარტიზაცია

შინაგანი სტანდარტიზაციის მეთოდს სხვაგვარად შეფარდებითს, ანუ ორიბი კალიბრირების მეთოდს უწოდებენ.

ვატარებთ ცნობილი წონითი შეფარდებით შედგენილ საანალიზო ნაზავისა და სტანდარტის ნაზავის ქრომატოგრაფიულ ანალიზს. შემდეგ ვაგებთ ნაზავში კომპონენტისა და სტანდარტის წონითი შეფარდების სიდიდისაგან პიკების ფართობების შეფარდების დამოკიდებულების გრაფიკს (სურ. 50).

ეროვნული ბიბლიოთეკა

უცნობი შემადგენლობის ნაზავის ანალიზისას მას ვამატებთ შინაგანი სტანდარტის ზუსტ რაოდენობას და ვატარებთ ნაზავის ქრომატოგრაფირებას. შემდეგ ვადგენთ პიკების ფართობების შეფარდებას და საკალიბრო გრაფიკზე ვსაზღვრავთ ჩვენთვის საინტერესო ნივთიერების წონითს შეფარდებას სტანდარტთან.




სურ. 50. შეფარდებითი კალიბრირების გრაფიკი.

ნაზავის რომელიმე კომპონენტის რაოდენობის განსაზღვრისას უნდა ჩავატაროთ გაანგარიშება, ქვემომოყვანილი მაგალითის მიხედვით, დამატებული სტანდარტის რაოდენობა ჩვენთვის ცნობილია.

მ ა გ ა ლ ი თ ი. უცნობი შემადგენლობის ნაზავში დამატებული გვაქვს 5 მლ ხსნარი, რომელიც შეიცავს სტანდარტს 100 მკგ/მლ კონცენტრაციით. ამ ნაზავის ქრომატოგრაფირების შემდეგ პიკების ფართობების შეფარდება შეადგენდა 8-ს. როგორც გრაფიკიდან ჩანს (სურ. 50), წონითი შეფარდება 7-ს უტოლდება. წინასწარ ვიცით, რომ სტანდარტის კონცენტრაცია 100 მკგ/მლ-ია, ვიანგარიშებთ კომპონენტის კონცენტრაციას: 7×100 მკგ/მლ. ვინაიდან ჩვენ დამატებული გვქონდა 5 მლ სტანდარტის ხსნარი, უცნობი ნივთიერების რაოდენობა ტოლი იქნება

$$5\ (\text{მლ}) \times 700\ \text{მკგ/მლ} = 3500\ \text{მკგ ანუ } 3{,}5\ \text{მგ.}$$

ზემოაღნიშნული მეთოდის უპირატესობა ისაა, რომ არ არის აუცილებელი საანალიზო სინჯის ზუსტი რაოდენობების შეტანა ქრომატოგრაფში ანდა დეტექტორის მგრძნობიარობის კოეფიციენტების ცოდნა, ვინაიდან მგრძნობიარობის ნებისმიერი ცვლილება გავლენას არ მოახდენს პიკების ფართობთა შეფარდების სიდიდეზე.

ამ მეთოდის ძირითად უარყოფით მხარედ ითვლება ის, რომ ძნელია მოიძებნოს სტანდარტი, რომელიც არ შეუშლიდა ხელს ჩვენთვის საინტერესო ნივთიერების განსაზღვრას.

შინაგანი სტანდარტი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდგომ მოთხოვნებს:

1. გამოისახოს ქრომატოგრამაზე სხვა პიკებისაგან განცალკევებით;

2. ახლოს იდგეს საკვლევი ნივთიერების შესაბამის პიკთან;

3. თავისი კონცენტრაციით ახლოს იდგეს საანალიზო ნივთიერების კონცენტრაციასთან.

4. აღნაგობით ჰგავდეს საანალიზო ნივთიერებას.

## ქრომატოგრაფიული პიკის ფართობის გამოთვლის გრაფიკული ხერხები

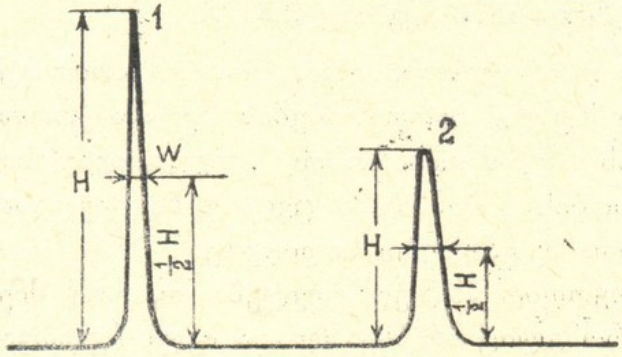
ქრომატოგრაფიული პიკის პარამეტრებსა და საანალიზო სინჯის კონცენტრაციას შორის კავშირის დადგენის სხვადასხვა საშუალება არსებობს, რომლებიც უმეტესად ემყარება სამკუთხედის ფართობის გამოთვლის გეომეტრიულ ხერხებს. გეომეტრიული ანაზომების საფუძველზე ჩატარებულ გაანგარიშებას ტრანგულაციას უწოდებენ (triangl — სამკუთხედი).

ტრანგულაციის რამდენიმე ხერხი არსებობს, რომელთაგან პრაქტიკაში უფრო მეტად გავრცელებულია პიკის სიმაღლისა და სიმაღლის ნახევარზე პიკის სიგანის ნამრავლი. პიკის ფართობის გამოანგარიშება შეიძლება აგრეთვე, პლანიმეტრის საშუალებით.

ქრომატოგრაფიული პიკის პარამეტრებსა და საანალიზო კომპონენტის კონცენტრაციას შორის დამოკიდებულების გამოსახატავად მიღებულია, აგრეთვე, პიკის სიმაღლის განსაზღვრა, პიკების ამოჭრა და აწონა, ელექტრომექანიკური ინტეგრატორების გამოყენება და სხვა.

### 1. ფართობის გამოანგარიშება პიკის სიმაღლისა და სიმაღლის შუა წერტილზე პიკის სიგანის ნამრავლით

ნორმალური ქრომატოგრაფიული პიკი სამკუთხედს წააგავს, ამიტომ ამგვარი პიკების ფართობები შეიძლება გამოვიანგარიშოთ პიკის სიმაღლისა და სიმაღლის შუა წერტილზე პიკის სიგანის ნამრავლით (სურ. 51). ეს მეთოდი სწრაფი და მარტივია. იგი კარგ შედეგებს იძლევა სიმეტრიული პიკების ფართობების გამოანგარიშებისას, რომელთაც საკმაო სიგანე აქვთ. გაზომვის მეტ სიზუსტეს რომ მივაღწიოთ, საჭიროა გავზარდოთ თვითმწერის დიაგრამის ლენტის მოძრაობის სიჩქარე.

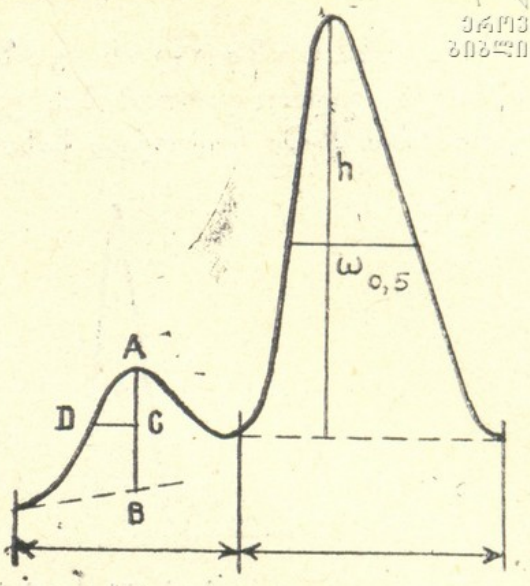



სურ. 51. პიკების ფართობის გამოანგარიშება H×W ნამრავლით.

ტრანგულაციური ხერხის უარყოფით მხარედ ითვლება ის, რომ მისი გამოყენება მიზანშეწონილია უმთავრესად სიმეტრიული პიკების ფარ-

ეროვნული ბიბლიოთეკა

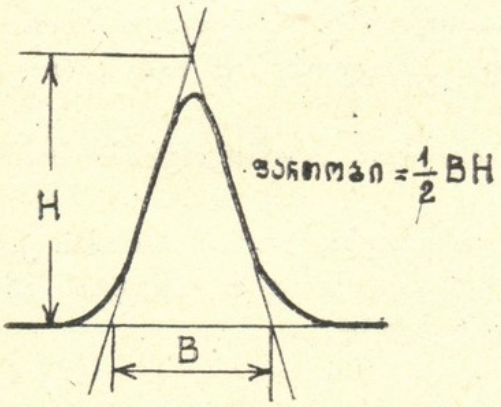
თობთა გამოანგარიშებისათვის. მაგრამ მიუხედავად ამისა, ფართობის ტრანგულაციური გამოთვლის ხერხი შეიძლება გამოვიყენოთ ისეთი ორი ერთმანეთისაგან დაუყოფელი ასიმეტრიული პიკების ფართობთა გამოთვლისათვის, როგორიც გამოსახულია 52-ე სურათზე. ამ შემთხვევაში პიკის სიმაღლის შუა წერტილზე სიგანის სწორი მაჩვენებლის ასათვლელად ვზომავთ ჩვენთვის საინტერესო პიკის სიგანის იმ ნახევარს, რომელიც მეზობელი პიკის საპირისპირო მხარესაა მოქცეული. შემდეგ გაორკეცებულ ამ მაჩვენებელს ვამრავლებთ პიკის სიმაღლეზე (სურ. 52).




სურ. 52. ძირითადი კომპონენტის პიკისაგან არასრულად გამოყოფილი მცირე შენარევის პიკის ფართობის გამოთვლა ტრანგულაციური მეთოდით.

## 2. გამოანგარიშება სამკუთხედის ფართობის მიხედვით

პიკის სიმაღლე (H) გამოიხატება ნულოვანი ხაზიდან შემხებების გადაკვეთის წერტილამდე მანძილით. პიკის ფუძედ ვიღებთ ნულოვან ხაზთან ორი შემხების გადაკვეთისას წარმოქმნილ მონაკვეთს (B) (სურ. 53).




სურ. 53. პიკის ფართობის გამოანგარიშება სამკუთხედის მიხედვით.

პიკის ფართობი გამოიანგარიშება, როგორც სამკუთხედის ფართობი, რომელიც მიიღება ფუძის ნახევრისა და სიმაღლის ნამრავლით ( $\frac{1}{2}$BH).

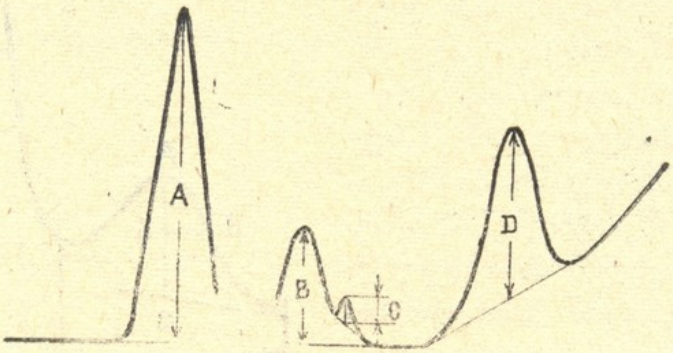
მართალია, ამ მეთოდს დიდი დრო მიაქვს, მაგრამ იგი კარგ შედეგებს იძლევა ისეთი პიკების გაზომვისას, როგორიც გამოხატულია 53-ე სურათზე.

## 3. პლანიმეტრირება

პლანიმეტრი მექანიკური მოწყობილობაა, რომლის საშუალებით შეიძლება გაიზომოს პიკის ფართობი პერიმეტრზე მისი წვერის შემოვლების გზით. პიკის ფართობი ციფრობრივად გამოისახება ციფერბლატზე. ეს ხერხი შრომატევადია და სხვა მეთოდებთან შედარებით, არც თუ იმდენად ზუსტ მეთოდად ითვლება [122], თუმცა გამოთვლის სიზუსტე შეიძლება გაიზარდოს მრავალჯერადი გაზომვისა და საშუალო სიდიდის გამოყვანით.

### 4. პიკის სიმაღლის გაზომვა

პიკის სიმაღლის გაზომვის ხერხი უფრო მარტივი და სწრაფია, ვიდრე ფართობების გამოანგარიშება. პიკის სიმაღლეს ვანგარიშობთ მმ-ში ნულოვანი ხაზიდან მაქსიმუმამდე (სურ. 54).




სურ. 54. პიკის სიმაღლის გამოთვლა.

უკეთუ შეიმჩნევა ნულოვანი ხაზის დრეიფი, როგორც ეს D პიკის შემთხვევაშია, მაშინ ვავლებთ ხაზს და ვაერთებთ პიკის საწყისსა და ბოლო წერტილებს.

### 5. პიკების ამოჭრა და აწონა

ქრომატოგრამიდან ვჭრით საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა შესაბამის პიკებს და ვწონით ანალიზურ სასწორზე. ეს მეთოდი შრომატევადია, მაგრამ ამავე დროს ზუსტიც, განსაკუთრებით მაშინ, როცა პიკები არასიმეტრიულია.

ამ მეთოდის უარყოფითი მხარეა ის, რომ ქრომატოგრამა ზიანდება.

მხედველობაში არის მისაღები ის გარემოება, რომ დიაგრამის ქაღალდის სისქე და მასში ტენის მერყეობა უარყოფით გავლენას ახდენს რაოდენობრივი მაჩვენებლების სიზუსტეზე.

სპეციალური ნაწილი

## ყურძნის პროდუქტთა გაზურ-ქრომატოგრაფიული ანალიზის მეთოდები

### ორგანული მჟავების, ნახშირწყლებისა და მრავალატომიანი სპირტების განსაზღვრა

ორგანული მჟავების, კერძოდ, არააქროლადი ორგანული მჟავების აქროლადობის უნარი პრაქტიკულად უმნიშვნელოა, ამიტომ გაზურ-ქრომატოგრაფიული ანალიზისათვის ეს უკანასკნელი წინასწარ საჭიროა გადავიყვანოთ ისეთ ნაერთებში, რომელთაც აქროლადობის უნარი მაღალი ექნებათ.

ყურძნის პროდუქტთა ქრომატოგრაფიულ საანალიზო პრაქტიკაში უფრო მეტად გავრცელებულია არაამქროლად ორგანულ მჟავათა ანალიზი მათი სილანური ეთერებისა ან ნ — ბუთილეთერების სახით.

სილანური წარმოებულების მიღების საშუალებით ღვინოში შეიძლება განვსაზღვროთ ორგანული მჟავები (ქარვის, ლიმონის, ღვინის, გალაქტურონისა და სხვ.), აგრეთვე, ნახშირწყლები (გლიუკოზა, არაბინოზა, ფრუქტოზა), მრავალატომიანი სპირტები (ინოზიტი, მანიტი, გლიცერინი) და სხვა არაამქროლადი ნაერთები.

## ორგანული მჟავების განსაზღვრა ყურძნის ტკბილსა და ღვინოში [110]

(ლ. მეტიკისა და სხვების მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ორგანული მჟავების სილანურ წარმოებულებში გადაყვანას და ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1.1 n $H_2SO_4$; 2. ძმარმჟავა ტყვიის ხსნარი *; 3. ცელიტ — 545; ან სუპერ გელი; 4. 80%-იანი ეთილის სპირტი; 5. შინაგანი სტანდარტული ხსნარი: 0,8 უნდეკანის მჟავა პირიდინის დამატებით მიგვყავს 200 მლ-მდე; 6. ჰელსამეთილდისალაზანი; 7. ტრიმეთილქლორსილანი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. 1 მლ ყურძნის ტკბილს ან ღვინოს ვათავსებთ ცენტრიფუგის გრადუირებულ 50 მლიან სინჯარაში და გამოხდილი წყლით მიგვყავს 33 მლ-მდე. შემდეგ ვამატებთ 1 მლ 1 n $H_2SO_4$-ს, 7 მლ ძმარმჟავა ტყვიის ხსნარს და 70 მგ ცელიტ — 545-ს ან სუპერ გელს. მიღებულ ნაზავს შევანჯღრევთ და ვუტარებთ ცენტრიფუგირებას 5 წუთის განმავლობაში. ნალექის თავზე შემომდგარ სითხეს დეკანტაციით გადმოვიღებთ და ნალექს ვრეცხავთ 80%-იანი ეთილის სპირტით. სინჯარას ნალექითურთ ვაჩერებთ 100°C-ზე 2 საათით უძრავ მდგომარეობაში.

2 საათის შემდეგ ნალექს ვაცივებთ 20°C-მდე, ვურევთ მინის წკირით, ვამატებთ ჯერ 1 მლ სტანდარტულ ხსნარს, შემდეგ კი 0,4 მლ ჰექსამეთილდისილაზანსა და 0,4 მლ ტრიმეთილქლორსილანს. მიღებულ ნაზავს 2 წუთის განმავლობაში ვანჯღრევთ და 1 წუთით დაყოვნების შემდეგ ნალექის თავზე მომდგარი სითხე დეკანტაციით გადმოგვაქვს. ამ სითხიდან ვიღებთ სინჯს და შეგვაქვს ქრომატოგრაფში.

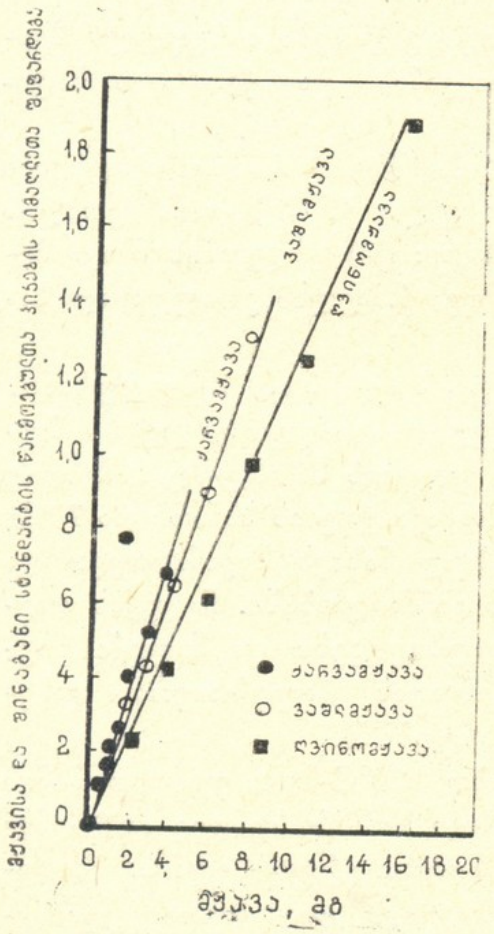
---

* 75 გ $Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$-ს ვამატებთ 1 მლ ყინულოვან $CH_3COOH$-ს და გამოხდილი წყლით მიგვყავს 250 მლ-მდე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები:**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | უჟანგავი ფოლადის, 1,8 მ სიგრძისა და 3,18 მმ დიამეტრის. |
| სვეტის შემავსებელი: | ქრომოსორბ W-ზე (80/100 მეშ) 10%-ის ოდენობით დატანილი SF — 96 თხევადი ფაზა. |
| გადამტანი გაზი: | აზოტი, ნაკადის სიჩქარე — 25 მლ/წთ. |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | იზოთერმული; სვეტის სამუშაო ტემპერატურა — 150°C. დეტექტორის t° — 215°C. ამაორთქლებლის t° — 250°C. |




სურ 55. ორგანული მჟავებისა და შინაგანი სტანდარტის სილანური წარმოებულების პიკების სიმაღლეთა შეფარდების დამოკიდებულება ორგანულ მჟავათა კონცენტრაციაზე.

ორგანულ მჟავათა სილანური წარმოებულების რაოდენობრივი განსაზღვრა. უნდა შევადგინოთ ქარვის, ვაშლისა და ღვინის მჟავების გარკვეული კონცენტრაციების ხსნარები და ზემოაღწერილი მეთოდით მივიღოთ მათი სილანური წარმოებულები.

ქრომატოგრამაზე ვანგარიშობთ მჟავებისა და შინაგანი სტანდარტის სილანური წარმოებულების პიკების სიმაღლეებს და ვაგებთ საკალიბრო გრაფიკს (სურ. 55), რომელიც გამოხატავს ორგანულ მჟავათა და სტანდარტული ხსნარების წარმოებულების პიკების სიმაღლეთა შეფარდების დამოკიდებულებას მჟავების კონცენტრაციაზე.

მჟავის რაოდენობას მგ-ობით ვანგარიშობთ შემდეგი ფორმულით:

$$W_a = \frac{K_h \cdot W_i\, h_a}{h_i},$$

სადაც $W_a$ — არის მჟავის წონა მგ-ობით;

$K_h$ — აღწარმოების კონსტანტა;

$W_i$ — შინაგანი სტანდარტის წონა მგ-ობით;

ეროვნული ბიბლიოთეკა

$h_a$ — მჟავის პიკის სიმაღლე;

$h_i$ — შინაგანი სტანდარტის პიკის სიმაღლე.

აღწარმოების კონსტანტა უნდა გამოვთვალოთ შემდეგი ფორმულით:

$$K_h = \frac{W_a \cdot h_i}{W_i \cdot h_a}.$$

სტანდარტული ცდომილებები ქარვის, ვაშლისა და ღვინის მჟავებისათვის შესაბამისად უნდა მერყეობდეს ±0,008, ±0,011 და ±0,002 გ-ის ფარგლებში 100 მლ-ზე გადაანგარიშებით.

## ორგანული მჟავების განსაზღვრა ღვინოში 108]

(გ. მარტინისა და სხვების მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს  პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ორგანული მჟავების სილანურ წარმოებულებში გადაყვანას და ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო  რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი. 1. ძმარმჟავა ტყვიის ბუფერული ხსნარი: 8 გ $Pb(OAc)_2 \cdot 3H_2O$-ს ვამატებთ 1 მლ ძმარმჟავას და გამოხდილი წყლით მიგვყავს 100 მლ-მდე; 2. ცელიტ — 545; 3. 0,1 n $H_2SO_4$; 4. შინაგანი სტანდარტი: ეთანოლის წყალხსნარში (1:1) გახსნილი გლუტარმჟავა — 1 მგ/მლ; 5. პირიდინი; 6. ტრიმეთილქლორსილანი; 7. ჰექსამეთილდისილაზანი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო  ნ ი მ უ შ ი ს  მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. 2 მლ ღვინოს ვათავსებთ ცენტრიფუგის ჭიქაში და ვამატებთ 1 მლ ძმარმჟავა ტყვიის ბუფერულ ხსნარს, 10 მგ ცელიტ— 545 და 1 მლ 0,1 n $H_2SO_4$-ს. მიღებულ ნალექს ვამატებთ 10 მლ ეთანოლიან წყალხსნარს და ვატარებთ ცენტრიფუგირებას 10 წუთის განმავლობაში (3000 ბრ/წთ). შემდეგ თავზე მომდგარ სითხეს დეკანტაციით გადმოვიღებთ. შემკვრივებულ ნალექს მინის წკირით დავშლით, შემდეგ ვამატებთ 10 მლ ეთანოლიან წყალხსნარს და კვლავ ვატარებთ ცენტრიფუგირებას 10 წუთის განმავლობაში. თავზე მომდგარ სითხეს დეკანტაციით გადმოვიღებთ.

კრისტალურ ნალექს ვამატებთ 1,5 მლ გლუტარმჟავის ხსნარს, რომელიც შინაგან სტანდარტად გვაქვს გამოყენებული და ჭიქას ვათავსებთ თერმოსტატში 105°C-ზე 12 საათით. შემდეგ ჭიქაში ვამატებთ 1,5 მლ პირიდინს, სწრაფად ვახურავთ თავზე და ვათავსებთ 137°C-ზე გახურებულ ქვიშის აბაზანაში 24 საათით. ამ დროის გას-

ვლის შემდეგ ნაზავს ვამატებთ 0,5 მლ ტრიმეთილქლორსილანსა და 0,5 მლ ჰექსამეთილდისილაზანს. მიღებულ ხსნარს ვათავსებთ ოთახის ტემპერატურაზე 4 საათით, რის შემდეგაც ნიმუში მზად არის ქრომატოგრაფში შესატანად.

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები.**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური |
| სვეტი: | მინის, 1,8 მ სიგრძის, 0,3 სმ შიგა დიამეტრის. |
| სვეტის შემავსებელი: | ქრომოსორბ W HP-ზე (80 — 100 მეშ) 3%-ის რაოდენობით დატანილი OV — 3 თხევადი ფაზა. |
| გადამტანი გაზი: | ჰელიუმი, 40 მლ/წთ სიჩქარით. |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | 10 წუთის განმავლობაში 118°C, შემდეგ დაპროგრამებული რეჟიმი 220°C-მდე 3°C/წთ სიჩქარით. დეტექტორისა და ამაორთქლებლის ტემპერატურა — 250°C. |

ს ტ ა ნ დ ა რ ტ უ ლ ი ხ ს ნ ა რ ე ბ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. 15 მლ-იან ცენტრიფუგის ჭიქაში ვათავსებთ ფუმარმჟავის, ვაშლმჟავის, ლიმონმჟავის, ქარვამჟავისა და ღვინომჟავის $5 \times 10^{-2}$ M-ის ხსნარს 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 და 0,7 მლ-ის რაოდენობით და ვატარებთ ცალკეული მათგანის დამუშავებას და ცენტრიფუგირებას ისევე, როგორც ეს აღწერილი გვქონდა საანალიზო ნიმუშის მომზადებისას.

რ ა ო დ ე ნ ო ბ ი ს გ ა ა ნ გ ა რ ი შ ე ბ ა. ორგანული მჟავების რაოდენობა გამოიანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$\frac{A_o/G_s}{A_s td/G_s td} \times \text{მგ} \times 50 = \text{მგ}/100 \text{ მლ ნიმუშისა,}$$

სადაც $A_o$ — ორგანული მჟავის პიკის ფართობია;

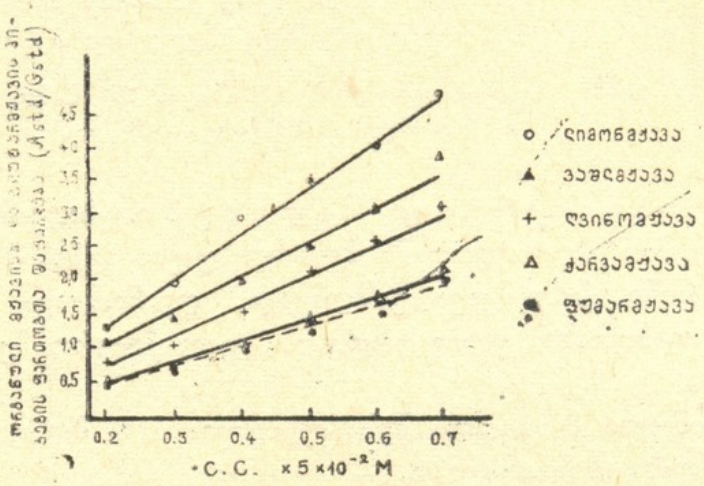
$G_s$ — გლუტარმჟავის პიკის ფართობი საანალიზო ნიმუშში;

$A_s td$ — ორგანული მჟავის პიკის ფართობი სტანდარტულ ხსნარში;

$G_s td$ — გლუტარმჟავის პიკის ფართობი სტანდრატულ ხსნარში.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

რაოდენობრივი გაანგარიშების ჩატარების დროს უნდა ავაგოთ მჟავების მოლარული კონცენტრაციებისა და შესაბამისი პიკის ფართობების დამოკიდებულების გრაფიკი, როგორც 56-ე სურათზეა წარმოდგენილი.




სურ. 56. ორგანული მჟავების მოლარული კონცენტრაციებისა და პიკის ფართობების ურთიერთდამოკიდებულების გრაფიკი.

## ორგანული მჟავების, ნახშირწყლების, მრავალატომიანი სპირტების განსაზღვრა ღვინოში [121]

(პ. რიბერო-გაიონისა და ა. ბერტრანის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს  პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ორგანული მჟავების სილანურ წარმოებულებში გადაყვანას და ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო  რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. კონცენტრული HCl; 2. 50%-იანი ეთილის სპირტში გახსნილი 15 გ/ლ ვანილინმჟავის ხსნარი; 3. პირიდინი; 4. ჰექსამეთილდისილაზანი; 5. ტრიფტორძმარმჟავა.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო  ნ ი მ უ შ ი ს  მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 20 მლ ღვინოს და ვამატებთ 0,2 მლ HCl-სა და 2 მლ ვანილინმჟავის ხსნარს, რომელიც გამოყენებულია შინაგან სტანდარტად (ეტალონად). ამ ნაზავის 2 მლ-ს ვაორთქლებთ ვაკუუმის ქვეშ. ნაშთს ვამატებთ 0,1 მლ პირიდინს, 0,8 მლ ჰექსამეთილდისილაზანსა და 0,1 მლ ტრიფტორძმარმჟავას, რომელიც კატალიზატორის როლს ასრულებს. მიღებულ ნაზავს ენერგიულად ვანჯღრევთ 30 წუთის განმავლობაში, შემდეგ კი 12 საათით უძრავ მდგომარეობაში ვტოვებთ. ვღებულობთ მოყვითალო-მონარინჯისფრო ხსნარს, რომელიც შეიცავს მოთეთრო თხელი ფენის ნალექს. ნიმუში მზად არის ქრომატოგრაფში შესატანად.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

| | |
|---|---|
| სვეტი: | 3 მეტრი სიგრძისა და 0,3 სმ შიგა დიამეტრის |
| სვეტის შემავსებელი: | 1. Gas Chrom Q-ზე (80—100 მეშ) 10%-ის ოდენობით დატანილი თხევადი ფაზა UCCW-982; |
| | 2. Gas Chrom Q-ზე (80—100 მეშ) 10%-ის ოდენობით დატანილი თხევადი ფაზა OV-17. |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | დაპროგრამება 120°C-დან 260°C-მდე; ტემპერატურის მატების სიჩქარე — 4°C/წთ. |

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს შ ე დ ე გ ე ბ ი. სილანური წარმოებულების მიღების გზით ღვინოში შესაძლებელია განისაზღვროს: რძემჟავა, გლიცერინი, ქარვამჟავა, ვაშლმჟავა, ღვინომჟავა, გლდუკოზა, ფრუქტოზა, არაბინოზა, ტრიფტოფოლი, გალაქტურონმჟავა, მანიტი, მეზო-ინოზიტი.

ზემოაღნიშნული მეთოდით შესაძლებელია 100 მგ/ლ კონცენტრაციის მქონე ნაერთების ანალიზი.

რაოდენობრივ გაანგარიშებას ვატარებთ შინაგანი სტანდარტის მეთოდით.

## რძემჟავისა და გლიცერინის განსაზღვრა ღვინოში [111]

(ლ. მეტიკისა და ა. რაისის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი: მეთოდი ემყარება რძემჟავისა და გლიცერინის სილანურ წარმოებულებში გადაყვანას და ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო ა რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი. 1. 10%-იანი $BaCl_2$-ის ხსნარი; 2. მაძღარი $Ba(OH)_2$; 3. 95%-იანი ეთილის სპირტი; 4. შინაგანი სტანდარტის ხსნარი: 100 მლ პირიდინში გახსნილი 0,3 გ ნ-ენანტის მჟავა; 5. სტანდარტული ხსნარი: 70 — 80%-იან ეთილის სპირტის წყალხსნარს ვანაწილებთ 9 სხვადასხვა ჭურჭელში და თითოეულ მათგანში ვამატებთ რძემჟავასა და გლიცერინს შემდეგი რაოდენობებით (მგ/მლ) შესაბამისად: 1. 0,29 — 0,8; 2. 0,58 — 1,6; 3. 0,72 — 2,0; 4. 0,84 — 2,4; 5. 1,12 — 3,2; 6. 1,44 — 4,0; 7. 2,10 — 6,0; 8. 2,90 — 8,0; 9. 3,60 — 10,0.; ნ. ჰექსამეთილდისილაზანი; 7. ტრიმეთილქლორსილანი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. 5 მლ ღვინოს ვამატებთ 0,4 მლ $BaCl_2$-ის 10%-იან ხსნარსა და 2 მლ მაძღარ $Ba(OH)_2$-ს. შერევის შემდეგ ხსნარი 95%-იანი ეთილის სპირტით მიგვყავს 25 მლ-მდე და 2 — 3 წუთის განმავლობაში ვატარებთ ცენტრიფუგირებას (ცენტრიფუგირების ნაცვლად, ნაზავი შეიძლება მე-

ორე დღემდე გავაჩეროთ). შემდეგ ნალექის თავზე მომდგარ სითხეს ვათავსებთ ცენტრიფუგის მშრალ ჭიქაში (50 მლ ტევადობის) და ვაშრობთ ვაკუუმის ქვეშ 50°C-ზე 2 — 3 საათის განმავლობაში სრულიად აორთქლებამდე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

დარჩენილ ექსტრაქტს ვხსნით 1 მლ შინაგანი სტანდარტის ხსნარში და ვამატებთ 0,4 მლ ჰექსამეთილდისილაზანსა და 0,4 მლ ტრიმეთილქლორსილანს. ნაზავს შევანჯღრევთ ისე, რომ ლექი სრულად გაიხსნას, დავაყოვნებთ 5 წუთით, რის შემდეგაც ნიმუშის 2,0 მკლ შეგვაქვს გაზურ ქრომატოგრაფში.

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები:**

| | |
|---|---|
| **დეტექტორი:** | აალებად-იონიზაციური |
| **ქრომატოგრაფიული სვეტი:** | უჟანგავი ფოლადი, 1,8 მ სიგრძისა და 0,3 სმ გარე დიამეტრის. |
| **სვეტის შემავსებელი:** | ქრომოსორბ — W-ზე (80—100 მეშ) 10%-ის ოდენობით დატანილი SF-96 თხევადი ფაზა. |
| **გადამტანი გაზი:** | აზოტი, ნაკადის სიჩქარე — 20 მლ/წთ. |
| **ტემპერატურული რეჟიმი:** | იზოთერმული, სვეტის სამუშაო ტემპერატურა — 115°C. დეტექტორის t° — 245°C. ამაორთქლებლის t° — 215°C. |

**რძემჟავის სილანური წარმოებულების რაოდენობრივი განსაზღვრა.** სტანდარტულ ხსნარს 5 მლ ოდენობით ვათავსებთ 25 მლ-იან სინჯარაში, ვამატებთ ბარიუმის ტუტეს. შემდეგ 95%-იანი ეთილის სპირტით მიგვყავს 25 მლ-მდე. ნაზავის თავზე მომდგარი ფენიდან ვიღებთ 5 მლ-ს, ვათავსებთ 50 მლ-იან ჭიქაში და ეთანოლს ვაორთქლებთ დაბალი წნევის ქვეშ. ექსტრაქტს ვხსნით შინაგანი სტანდარტის ხსნარში და ვამზადებთ სილანურ წარმოებულებს ისეთივე წესით, როგორც ზემოთ გვქონდა აღწერილი.

მიღებულ ქრომატოგრამაზე ვითვლით რძემჟავისა და სტანდარტის წარმოებულების პიკების სიმაღლეებს (შესაბამისად $h_a$ და $h_i$). ვადგენთ საკალიბრო გრაფიკს, რომლის ჰორიზონტალურ ღერძზე დავიტანთ რძემჟავის კონცენტრაციებს (მგ-ში) — Wg. ამ მონაცემებზე დამოკიდებულებით ვერტიკალურ ღერძზე მოვინიშნავთ $h_a/h_i$ შეფარდების მაჩვენებლებს (სურ. 57).

უცნობ ნაზავში რძემჟავის კონცენტრაციის (გ/100 მლ-ში) გამოსათვლელად ვიყენებთ ტოლობას:

$$C_a = \frac{K_a C_i h_a}{h_i},$$

ეროვნული ბიბლიოთეკა

სადაც

$C_a$ — არის რძემჟავის კონცენტრაცია გ/100 მლ-ობით;

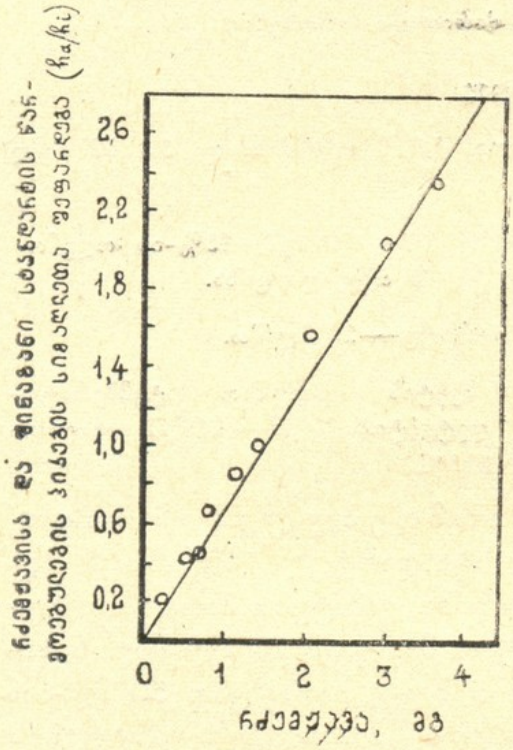
$C_i$ — შინაგანი სტანდარტის კონცენტრაცია გ/100 მლ-ობით;

$h_a$ — რძემჟავის წარმოებულის პიკის სიმაღლე;

$h_i$ — შინაგანი სტანდარტის პიკის სიმაღლე;

$K_a$ — რძემჟავის სილანური წარმოებულის კონსტანტა შინაგანი სტანდარტისაგან დამოკიდებულებით.

$K_a$ კონსტანტა შეიძლება გამოვთვალოთ შემდეგი ფორმულით:




სურ. 57. რძემჟავისა და შინაგანი სტანდარტის წარმოებულების პიკების სიმაღლეთა შეფარდების დამოკიდებულება რძემჟავის კონცენტრაციაზე.

$$K_a = \frac{W_g \cdot h_i}{W_i \cdot h_g},$$

სადაც $W_g$ — არის რძემჟავის წონა მგ-ობით;

$W_i$ — შინაგანი სტანდარტის წონა მგ-ობით;

$h_i$ — შინაგანი სტანდარტის პიკის სიმაღლე;

$h_g$ — რძემჟავის პიკის სიმაღლე.

**გლიცერინის სილანური წარმოებულის რაოდენობრივი განსაზღვრა.** გლიცერინი შეიძლება განვსაზღვროთ ეთანოლის 70-80%-იან ექსტრაქტში, რომელიც გამოყენებული გვქონდა რძემჟავის განსაზღვრისათვის. სტანდარტული ხსნარი, რომელიც გამოვიყენეთ რძემჟავის განსაზღვრისათვის, შეიცავს გლიცერინს სხვადასხვა კონცენტრაციით.

გლიცერინის რაოდენობის განსაზღვრისათვის ვაგებთ საკალიბრო გრაფიკს ისევე, როგორც რძემჟავის განსაზღვრის შემთხვევაში. ვსარგებლობთ იმავე ფორმულით, რომელიც ზემოთაა მოყვანილი.

მეთოდი გამოიყენება რძემჟავისა და გლიცერინის რაოდენობის განსაზღვრისათვის ± 0,005 გ/100 მლ (რძემჟავისათვის) და ± 0,02 გ/100 მლ (გლიცერინისათვის) სიზუსტით.

## გლიცერინის განსაზღვრა ღვინოში ექსტრაქციის გარეშე [115]

ეროვნული ბიბლიოთეკა

(კ. ოუფისა და სხვების მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება გლიცერინის განსაზღვრას ღვინოში წინასწარი დამუშავების გარეშე.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. სტანდარტული ხსნარი—4 მლ ორნახად ჰექსანოლს ვურევთ 250 მლ 30%-იან ეთილის სპირტში. 2. მყარი გადამტანი ფაზა პოროპაკ — Q (80/100/მეშ).

ნ ი მ უ შ ი ს ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს ა თ ვ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ქრომატოგრაფში ღვინის ნიმუშის პირდაპირი შეტანის გზით გლიცერინის განსაზღვრისათვის კ. ოუფისა და სხვების მიერ [115] შინაგან სტანდარტად გამოყენებული იყო ნ-ჰექსანოლი, ვინაიდან გლიცერინის სტანდარტული ხსნარები არასტაბილურია.

სტანდარტული ხსნარების მომზადებისათვის 4 მლ ორნახადი ნ-ჰექსანოლი უნდა შევურიოთ 250 მლ 30%-იან ეთილის სპირტს.

ქრომატოგრაფში შეტანის წინ 1 მლ საანალიზო ღვინის ნიმუშს უნდა შევურიოთ 0,2 მლ შინაგანი სტანდარტის ხსნარი.

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები:**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | უჟანგავი ფოლადის 1,8 მ სიგრძისა და 3,18 მმ დიამეტრის. |
| სვეტის შემავსებელი: | პოროპაკ — Q (80/100 მეშ). |
| გადამტანი გაზი: | აზოტი, ნაკადის სიჩქარე: 30 მლ/წთ. |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | იზოთერმული; სვეტის სამუშაო ტემპერატურა — 245°C. დეტექტორის t° — 285°C*, ამაორთქლებლის t° — 250°C. |

გ ლ ი ც ე რ ი ნ ი ს რ ა ო დ ე ნ ო ბ ი ს გ ა ნ ს ა ზ ღ ვ რ ა. გლიცერინის რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის ვაგებთ საკალიბრო გრაფიკს, რომლის ვერტიკალურ ღერძზე დაგვაქვს საანალიზო ნიმუშში გლიცერინისა და შინაგანი სტანდარტის პიკების ფართობების შეფარდებათა მაჩვენებლები, ხოლო ჰორიზონტალურზე — გლიცერინის კონცენტრაციები (მგ-ობით). აგებული მრუდი მათ შორის ურთიერთდამოკიდებულების გამომხატველია, რის საშუალებითაც ვანგარიშობთ გლიცერინის რაოდენობას უცნობი რაოდენობრივი შემადგენლობის ნაზავში (სურ. 58).

---

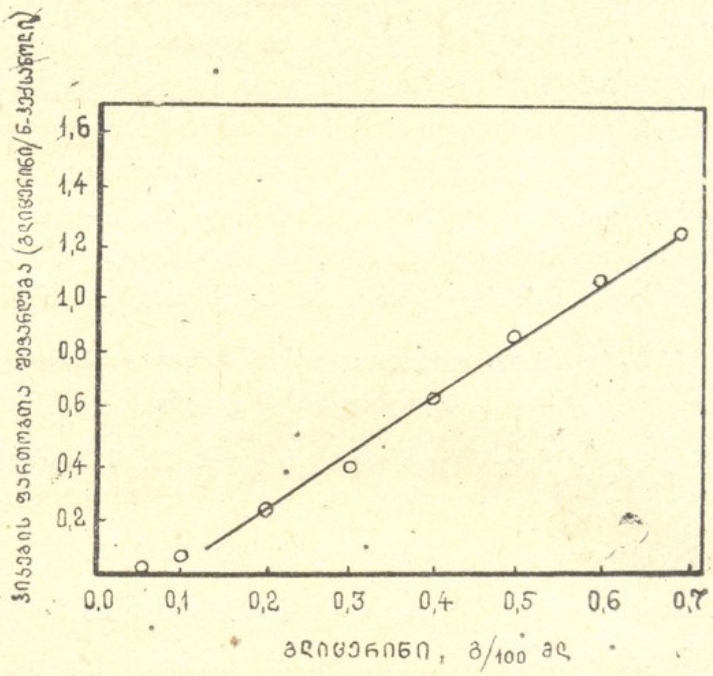
* კ. ოუფისა და სხვების მონაცემების თანახმად [115], სვეტის სამუშაო ტემპერატურასა და ამაორთქლებლის ტემპერატურას შორის მცირე სხვაობა (5°C) გავლენას არ ახდენდა ქრომატოგრაფირების შედეგებზე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

(პ. დამიანისა და მ. ბროგიონის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება აქტიური ნახშირით გაუფერულებული ღვინის შერეული ფისით დატვირთულ სვეტში გატარებას, შემდეგ მადუღარი წყლით დესორბციას სვეტიდან, შესქელებული ექსტრაქტის აცეტილირებას და უკანასკნელის ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი და მ ა ს ა ლ ე ბ ი: 1. აქტიური ნახშირი; 2. AG — 501-X 8 მარკის შერეული ფისი; 3. $CCl_4$;




სურ. 58. საკვლევ ნაზავში გლიცერინისა და შინაგანი სტანდარტის პიკების ფართობთა შეფარდების დამოკიდებულება გლიცერინის კონცენტრაციაზე (მგ-ობით).

4. $P_2O_5$; 5. უწყლო პირიდინი; 6. ძმარმჟავა ანჰიდრიდი; 7. სტანდარტული ხსნარი: 5 მლ პირიდინსა და 5 მლ ძმარმჟავა ანჰიდრიდის ნაზავში გახსნილი 20 მგ სორბიტი და მანიტი; 8. მყარი გადამტანი — ანაქრომ — SD (80/100 მეშ); 9. თხევადი ფაზა — ფტოროალკილსილიკონის პოლიმერი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. 100 მლ ღვინოს ვაუფერულებთ აქტიური ნახშირით და ვატარებთ სვეტში, რომელიც დატვირთულია AG—501-X 8 მარკის შერეული ფისით. სვეტიდან საკვლევ ნივთიერებათა ელუირებისათვის ვამატებთ 300 მლ მადუღარ წყალს. ელუატს ვაორთქლებთ როტორულ ამაორთქლებელში. მიღებული მასიდან წყლის ნარჩენს ვაცილებთ 5—10 მლ $CCl_4$-ის რამდენიმე ულუფით. გაუწყლოებისათვის ნარჩენს 0,5 საათის გან-

მავლობაში ვაჩერებთ ვაკუუმექსიკატორში $P_2O_5$-ის არეში, რის შემდეგაც ვახდენთ ელჯუატის აცეტილირებას. ამ მიზნით მას ვამატებთ 2,5 მლ უწყლო პირიდინს, 2,5 მლ ძმარმჟავა ანჰიდრიდს და ვაცხელებთ შებრუნებულ მაცივრით ზეთის აბაზანაზე 10 წუთის განმავლობაში 150—170°C-ის პირობებში.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

აცეტილირების პროდუქტების ქრომატოგრაფირებისათვის ვიყენებთ მოყვანილ ძირითად პირობებს.

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები:**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | მინის, 2 მ სიგრძისა და 3,18 მმ შიგა დიამეტრის. |
| სვეტის შემავსებელი: | ანაქრომ — SD-ზე (80 — 100 მეშ) 2%-ის ოდენობით დატანილი ფტოროალკილსილიკონის პოლიმერი. |
| გადამტანი გაზი: | აზოტი, ნაკადის სიჩქარე — 25 მლ/წთ. |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | იზოთერმული, სვეტის სამუშაო ტემპერატურა — 270°C. |

სორბიტისა და მანიტის რაოდენობრივი განსაზღვრა. მანიტისა და სორბიტის რაოდენობის გამოანგარიშებისათვის შედგენილი სტანდარტული ხსნარის აცეტილირებას ვატარებთ ისევე, როგორც საკვლევი ხსნარის შემთხვევაში. ქრომატოგრაფირების შემდეგ სორბიტისა და მანიტის რაოდენობას ვანგარიშობთ პიკების ფართობების მიხედვით.

პ. დამიანისა და მ. ბროგიონის [66] მიერ გაანალიზებულ ღვინის 10 ნიმუშში სორბიტისა და მანიტის რაოდენობა აღწევდა შესაბამისად 5 — 85 მგ/ლ-სა და 43 — 151 მგ/ლ-ს.

## უმაღლესი ალკოჰოლების, რთული ეთერებისა და აქროლადი მჟავების განსაზღვრა

უმაღლესი ალკოჰოლები, რთული ეთერები და ცხიმოვანი აქროლადი მჟავები წარმოადგენენ ყურძნის პროდუქტთა არომატული კომპლექსის აქროლად ძირითად ბირთვს.

ამჟამად გაზურ-სითხურ ქრომატოგრაფიაში უმაღლესი ალკოჰოლების, რთული ეთერებისა და აქროლადი მჟავების ანალიზი უპირატესად მათი პენტანიანი და ეთერ-პენტანიანი ექსტრაქტების დაყოფით ხორციელდება.

ზემოაღნიშნულ ნაერთთა ექსტრაქტების მიღების მრავალი ხერხი და მეთოდი არსებობს. საანალიზო პრაქტიკაში გავრცელებულია როგორც ექსტრაქტების პირდაპირი ანალიზი ერთი და იგივე თხევადი ფაზისა და მყარი გადამტანის პირობებში, ისე ექსტრაქტების ცალკეულ ფრაქციებად წინასწარი დაყოფა ქიმიური მეთოდების გამოყენების საშუალებით და შემდგომში მიღებული ფრაქციების ანალიზი ქრომატოგრაფირების შერჩეულ პირობებში, რაც ხშირ შემთხვევაში უფრო გამართლებულ და რაციონალურ საშუალებად ითვლება.

## რთული ეთერების განსაზღვრა [82]

ეროვნული ბიბლიოთეკა

(ჯ. გიმონისა და ე. ქროველის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება საკონიაკე სპირტიდან აქროლად მჟავათა ეთილეთერების ექსტრაქციას მეთილენქლორიდით, ექსტრაქტის კონცენტრირებასა და ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. მეთილენქლორიდი ($CH_2Cl_2$); 2. $MgSO_4$; 3. მყარი გადამტანი: ა) ქრომოსორბ—GAW DWCS; ბ) ქრომოსორბ—WAW; 4. თხევადი ფაზა FFAP (კარბოვაქს 20 M-ის 2 — ნიტროტერეფტალმჟავასთან რეაქციის პროდუქტი) და NPGA (ნეოპენტილგლიკოლადიპატი); 5. შინაგანი სტანდარტი (1 გ/100 მლ აბს. ალკოჰოლში გახსნილი ეთილპელარგონატი); 6. ეთერების სტანდარტული ხსნარები: ვამზადებთ ცალ-ცალკე ეთილკაპრილატის, ეთილკაპრინატის, ეთილლაურინატის, ეთილმირისტინატის, ეთილპალმიტინატის გარკვეული კონცენტრაციის სპირტხსნარებს.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. 100 მლ საკონიაკე სპირტს წყლით ვაზავებთ 20 მოც. % ალკოჰოლის შემცველობამდე. მიღებული ნაზავიდან ეთილეთერების ექსტრაქციას ვატარებთ 4-ჯერადად 100—100 მლ მეთილენქლორიდით. ექსტრაქტებს ვაერთიანებთ და ვაშრობთ $MgSO_4$-ით, ვფილტრავთ და გამოხდის საშუალებით 1 მლ-მდე მიგვყავს. მიღებულ ექსტრაქტს მეთილენქლორიდით ვავსებთ 5 მლ-მდე და 1—3 მკლ-ის რაოდენობით შეგვაქვს ქრომატოგრაფიულ სვეტში.

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები:**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | უჟანგავი ფოლადის, 1,8 მ სიგრძისა და 3,18 მმ გარე დიამეტრის. |
| სვეტის შემავსებელი: | 1. ქრომოსორბ — CAW DMCS-ზე (60/80 მეშ) 10%-ის ოდენობით დატანილი თხევადი ფაზა FFAP.<br>2. ქრომოსორბ WAW (60/80 მეშ) -ზე 10%-ის ოდენობით დატანილი ნეოპენტილგლიკოლადიპატი (NPGA). |
| გადამტანი გაზი: | ჰელიუმი. ნაკადის სიჩქარე — 60 მლ/წთ. |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | დაპროგრამებული; 100°C-დან 225C°-მდე; ტემპერატურის მატების სიჩქარე — 7,5°C/წთ; ამაორთქლებლის ტემპერატურა — 250°C. |

ე თ ე რ ე ბ ი ს რ ა ო დ ე ნ ო ბ რ ი ვ ი გ ა ნ ს ა ზ ღ ვ რ ა: რაოდენობრივი ანალიზისათვის შინაგანი სტანდარტის ხსნარის ერთ ნა-

ილს ვურევთ ცალკეული ეთერის სამუშაო სტანდარტული ხსნარის 10 ნაწილს და ნაზავის 2 მკლ შეგვაქვს ქრომატოგრაფიულ სვეტში.

ქრომატოგრაფირების შემდეგ ვანგარიშობთ ცალკეული ეთერისა და შინაგანი სტანდარტის პიკების სიმაღლეებს. შემდეგ ვაგებთ საკალიბრო გრაფიკს, რომლის ვერტიკალურ ღერძზე გადავზომავთ ეთერებისა და შინაგანი სტანდარტის ურთიერთშეფარდების მაჩვენებლებს, ხოლო ჰორიზონტალურ ღერძზე — ეთერების კონცენტრაციებს (გ/100 მლ აბს. ალკ.).

მეთილენქლორიდიანი ექსტრაქტების ქრომატოგრამებზე მიღებულ მონაცემებს ვადარებთ საკალიბრო გრაფიკის მონაცემებთან და ამ გზით ვანგარიშობთ საკვლევ ხსნარში ეთერების რაოდენობრივ შემადგენლობას.

## რთული ეთერების განსაზღვრა კონიაკის სპირტში, ღვინის დისტილატსა და ღვინოში [101]

(ი. კოხისა და სხვების მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება კონიაკის სპირტიდან და ღვინიდან რთული ეთერების გამოწვლილვას გოგირდნახშირბადის ($CS_2$) საშუალებით და ექსტრაქტის ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. გოგირდნახშირბადი — $CS_2$; 2. NaCl; 3. ქრომოსორბ—WS; 4. კარბოვაქს—20 M; 5. სტანდარტული ხსნარები: 40 მოც. %-იან და 80%-იან ეთანოლიან ხსნარებს* ვამატებთ ეთერებს შემდეგი რაოდენობით: ეთილკაპრონატი — 0,30 მგ/100 მლ; ეთილკაპრინატი — 2,30 მგ/100 მლ; ეთილკაპრილატი — 0,98 მგ/100 მლ; ეთილლაურინატი—0,97 მგ/100 მლ (აბსოლუტურ ალკოჰოლზე გადაანგარიშებით).

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. 4 მლ კონიაკის სპირტს ან 2 მლ ღვინის დისტილატს ვამატებთ 2 მლ გამოხდილ წყალს, 0,5 გ NaCl-სა და 200 მკლ $CS_2$-ს, ვატარებთ ნაზავის ცენტრიფუგირებას 7 წუთის განმავლობაში, შემდეგ ვდგამთ მაცივარში 5 წუთით, რის შემდეგაც ხელმეორედ ვატარებთ ცენტრიფუგირებას 5 წუთის განმავლობაში (3000 ბრ/წთ), რაც ხელს უწყობს ფენების კარგ გაყოფას გაცივებისას*.

---

* ი. კოხისა და სხვების მონაცემების მიხედვით [101] კონიაკის სპირტის სტანდარტული ხსნარის დასამზადებლად უმჯობესია გამოვიყენოთ 40 მოც. %-იანი სპირტხსნარი, ხოლო ღვინის დისტილატისათვის — 80 მოც. %-იანი სპირტხსნარი.

** NaCl-ის დამატება ხელს უწყობს ფენების გაყოფას, გარდა ამისა ცენტრიფუგირებისას იშლება წარმოქმნილი ემულსია.

საკონიაკე ღვინომასალის გამოკვლევისას ვიღებთ 4 მლ გამონაბალს და ექსტრაქციის მიზნით ვამატებთ 100 მკლ $CS_2$-ს. ღვინის შემადგენელი ეთერების ანალიზისას, ეთერების მცირე კონცენტრაციის გამო, ვიღებთ 10 მლ ღვინის დისტილატს, ვამატებთ 1 გ NaCI-ს და ვატარებთ ექსტრაქციას 100 მკლ $CS_2$-ით.

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები:**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | უჟანგავი ფოლადის, 3,5 მ სიგრძისა და 3 მმ დიამეტრის. |
| სვეტის შემავსებელი: | ქრომოსორბ — WS-ზე (60/80 მეშ) 20%-ის ოდენობით დატანილი კარბოვაქს 20 M. |
| გადამტანი გაზი: | აზოტი; ნაკადის სიჩქარე — 30 მლ/წთ. |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | დაპროგრამებული; ნიმუშის შეტანიდან 6 წუთის განმავლობაში 100°C, შემდეგ ტემპერატურის დაპროგრამება 220°C-მდე; ტემპერატურის მატების სიჩქარე — 4°C/წთ; პროგრამის დამთავრების შემდეგ 10 წუთის განმავლობაში 220°C. |
| | დეტექტორისა და ამაორთქლებლის ტემპერატურა— 300°C. |

რ ა ო დ ე ნ ო ბ რ ი ვ ი  გ ა ა ნ გ ა რ ი შ ე ბ ა. ეთერების სტანდარტული ხსნარების $CS_2$-ით ექსტრაგირებას ვატარებთ ისევე, როგორც საკვლევი ნიმუშისას. ქრომატოგრაფირების შემდეგ ვანგარიშობთ საკვლევი და სტანდარტული ხსნარების პიკების ფართობებს. ვაგებთ საკალიბრო მრუდს, რომლის ვერტიკალურ ღერძზე გადავზომავთ საკვლევი ნიმუშის ცალკეული ეთერისა და სტანდარტული ხსნარის შესაბამისი ეთერის პიკების შეფარდების მაჩვენებლებს, ხოლო ჰორიზონტალურ ღერძზე— ეთერების კონცენტრაციების მაჩვენებლებს.

საკვლევი და სტანდარტული ხსნარების ეთერების პიკების შეფარდებათა მაჩვენებლების მიხედვით საკალიბრო გრაფიკზე ვპოულობთ ცალკეული ეთერის რაოდენობას საკვლევ ნიმუშში.

## აქროლადი მჟავების, უმაღლესი ალკოჰოლებისა და რთული ეთერების განსაზღვრა ღვინოში [39]

(ა. როდოპულოსა და ა. პისარნიცკის მიხედვით)

ს ა ჭ ი რ ო  რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. პენტან-დიეთილეთერის ნაზავი (9:1); 2. $NaHCO_3$; 3. $H_2SO_4$; 4. 96%-იანი ეთილის სპირტი; 5. გოგირდოვანი ანჰიდრიდით მაძღარი კონცენტრული გოგირდმჟავა; 6.

ნახშირმჟავა კალციუმი; 7. α—ნაფტილიზოციანატი; 8. დიმედონი; 9. დიეთილენგლიკოლში გახსნილი მწვავე კალიუმი.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 500 მლ ღვინოს, ვათავსებთ გამყოფ ძაბრში და ვამატებთ 90 მლ პენტანსა და 10 მლ დიეთილეთერს. ვანჯღრევთ ენერგიულად 15—20 წუთის განმავლობაში. შემდეგ ძაბრს ვტოვებთ წყნარ მდგომარეობაში, ვიდრე ფენები ერთმანეთისაგან არ გაიყოფა. ფენათა გაყოფის შემდეგ ღვინოს მოვაცილებთ თავზე მომდგარ გამხსნელს და ღვინოს გამხსნელის ახალ ულუფას დავამატებთ. ამ ოპერაციას 4—5-ჯერ ვიმეორებთ. ექსტრაქტებს ვაერთებთ და გამხსნელს 35°C-ის პირობებში ვაორთქლებთ.

მიღებული პენტან-ეთერიანი ექსტრაქტი შეიცავს რახის ზეთებს, რომელშიც შედის ეთერები, სპირტები, ცხიმოვანი მჟავები, ალდეჰიდები და სხვა ნაერთები.

რახის ზეთების ნაზავზე $NaHCO_3$-ის დამატება და წარმოქმნილი ორი ფენის ერთმანეთისაგან გაყოფა უნდა მოხდეს მიკროგამყოფ ძაბრში.

აქროლად მჟავათა ნატრიუმის მარილების შემცველ ქვედა ფენას ვაორთქლებთ ფაიფურის ჯამზე წყლის აბაზანაზე, შემდეგ კი ვაშრობთ ექსიკატორში უწყლო გოგირდმჟავას არეში.

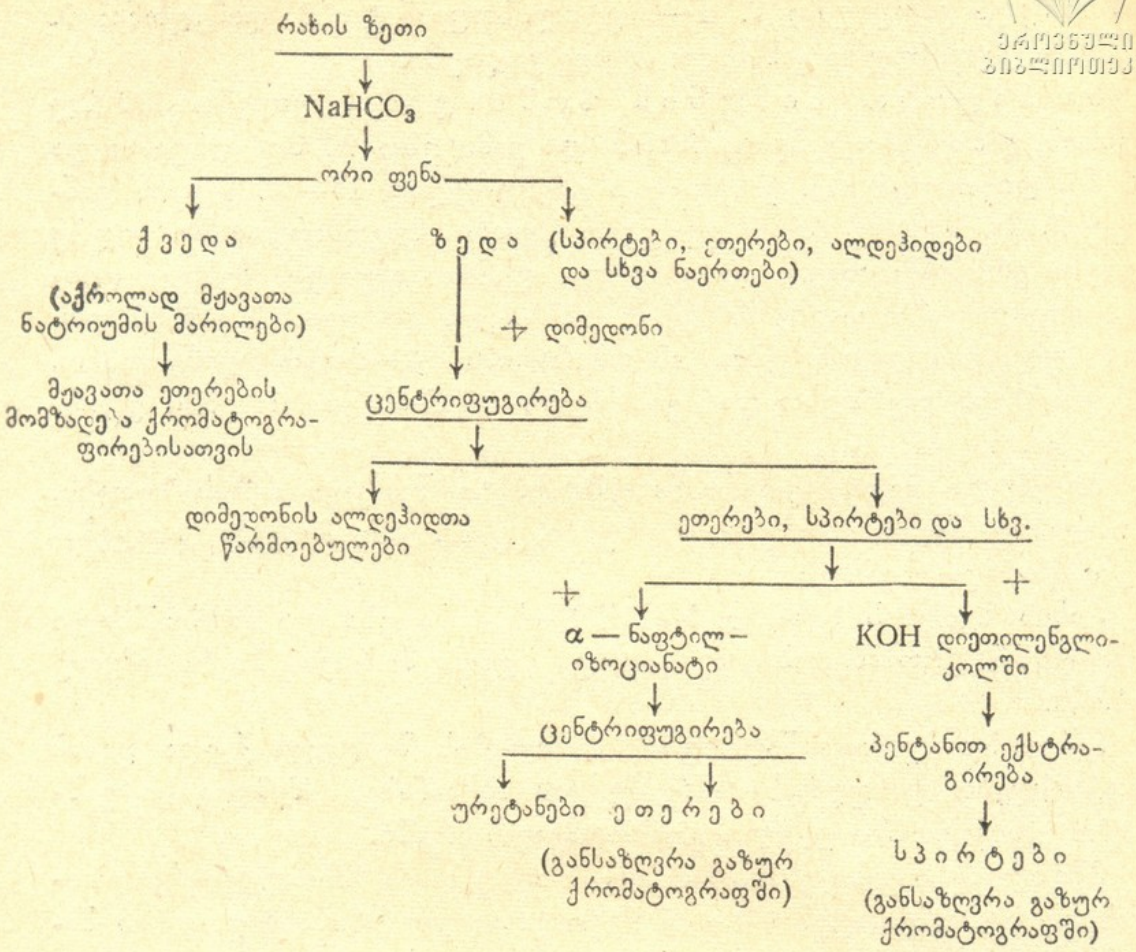
მშრალ მარილებს ვხსნით მცირე რაოდენობის აბსოლუტური ეთილის სპირტში, ვამატებთ 4 — 5 წვეთ გოგირდოვანი ანჰიდრიდით მაძღარ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას და 12 საათით ვტოვებთ ოთახის ტემპერატურაზე.

ა ქ რ ო ლ ა დ მ ჟ ა ვ ა თ ა ეთერიფიკაციის შემდეგ გოგირდმჟავას ვანეიტრალებთ ნახშირმჟავა კალციუმით, ხოლო რეაქციის გარეშე დარჩენილი სპირტი α—ნაფტილიზოციანატის დამატებით გადაგვყავს ურეტანებში. ნაზავიდან ეთერებს გამოვწვლილავთ პენტანით და მოვამზადებთ ქრომატოგრაფირებისათვის.

ქვემოთ წარმოდგენილია პენტან-ეთერიანი ექსტრაქტის ფრაქციებად დაყოფის სქემა:

მიკროგამყოფი ძაბრის ზედა ფენას (რახის ზეთებს) ვამატებთ დიმედონს და ვახდენთ ცენტრიფუგირებას. დიმედონის ალდეჰიდთა წარმოებულების გამოყოფის შემდეგ დარჩენილ ნაზავს ვყოფთ ორ ნაწილად. ერთ ნაწილს ვამატებთ α—ნაფტილიზოციანატს სპირტების შესაბოჭად და ვტოვებთ ერთი დღე-ღამით, რადგან ურეტანების წარმოქმნის რეაქცია ნელა მიმდინარეობს. ურეტანების გამოყოფას ცენტრიფუგირების საშუალებით ვახდენთ.

რახის ზეთების ზედა ფენის მეორე ნახევარში ვამატებთ დიეთილენგლიკოლში გახსნილ მწვავე კალიუმს ეთერების გასაპვნისათვის.




ეროვნული ბიბლიოთეკა

გასაპვნის პროცესში განთავისუფლებული მჟავები ნეიტრალიზდება, ხოლო სპირტებს პენტანით გამოვწვლილავთ და მოვამზადებთ ქრომატოგრაფირებისათვის.

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები:**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | უჟანგავი ფოლადის, 2 მ სიგრძისა და 6,5 მმ დიამეტრის. |
| სვეტის შემავსებელი: | ცეცხლგამძლე აგურზე (ფრაქცია 0,25—0,5 მმ) 12%-ის ოდენობით დატანილი პოლიეთილენგლიკოლ — 400. |
| გადამტანი გაზი: | ჰელიუმი, 4 ლ/სთ ნაკადის სიჩქარით. |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | იზოთერმული*; სვეტის სამუშაო ტემპერატურა — 115°C. |

* ა. როდოპულოსა და ა. პისარნიცკის მიერ ქრომატოგრაფიული ანალიზი ჩატარებული იყო იზოთერმულ რეჟიმში, თუმცა უმჯობესია გამოყენებულ იქნას დაპროგრამებული რეჟიმი 50—180°C-ის ფარგლებში.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ებ ი ს შ ე დ ე გ ებ ი. ზემოაღნიშნული **სქემით შეეიძლება განისაზღვროს ჭიანჭველმჟავა, ძმარმჟავა,** პროპიონმჟავა, იზოერბომჟავა, იზოვალერიანმჟავა, კაპრონმჟავა, კაპრილმჟავა, ეთილფორმიატი, ეთილაცეტატი, ეთილპროპიონატი, ეთილიზობუთირატი, ეთილიზოვალერიანატი, ეთილკაპრონატი, იზობუთილკაპრონატი, ეთილკაპრილატი, იზოამილკაპრონატი, უმაღლესი სპირტები **და სხვა კომპონენტები.**

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## აქროლად ნაერთთა განსაზღვრა კონიაკის სპირტში [31]

(ტ. ნაჩევასა და სხვების მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება კონიაკის სპირტიდან აქროლად ნაერთთა ექსტრაქციას პენტან-დიეთილეთერის საშუალებით და ექსტრაქტის ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ებ ი: 1. პენტან-დიეთილეთერის ნაზავი (2:1); 2. უწყლო $Na_2SO_4$; 3. THD-1 — 1 მარკის დიატომიტი (ფრაქცია 0,25—0,5 მმ); 4. პოლიეთილენგლიკოლი—300; 5. სილანიზირებული ქრომოსორბ — W (80 — 100 მეშ); 6. ეთილენგლიკოლადიპატი; 7. კარბოვაქს 20 M.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ექსტრაქციის წინ კონიაკის სპირტს ვაზავებთ გამოხდილი წყლით 25 მოც. %-მდე. ვიღებთ 400—500 მლ კონიაკის სპირტის წყლიან ხსნარს, თანაბარი რაოდენობით ვამატებთ პენტან-დიეთილეთერის (2:1) ნაზავს და ექსტრაქტორში 40 საათის განმავლობაში ვატარებთ ექსტრაქციას. ექსტრაქტს ვაშრობთ უწყლო $Na_2SO_4$-ით, შემდეგ კი გამხსნელს ვაორთქლებთ 2 მლ-მდე 33°C-ზე მიღებული ექსტრაქტი შეგვაქვს ქრომატოგრაფში.

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები დაბალი დულილის ტემპერატურის მქონე ნაერთთათვის**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | უჟანგავი ფოლადის, 1 მ სიგრძისა და 6,5 მმ შიგა დიამეტრის. |
| სვეტის შემავსებელი: | THD — 1— 1 მარკის თერმულად დამუშავებულ დიატომიტზე (0,25—0,5 მმ ფრაქცია) 15%-ის ოდენობით დატანილი პოლიეთილენგლიკოლ — 300. |
| გადამტანი გაზი: | აზოტი, ნაკადის სიჩქარე — 40 მლ/წთ. |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | დაპროგრამებული 20°C-დან 100°C-მდე, ტემპერატურის მატების სიჩქარე — 5°C/წთ. ამაორთქლებლის ტემპერატურა — 150—200°C. |

ეროვნული ბიბლიოთეკა

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნაერთთათვის:**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური. |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი:* | უჟანგავი ფოლადის, კაპილარული**; 58 მ სიგრძის. |
| თხევადი ფაზა: | პოლიეთილენგლიკოლ—300 (30%), რომლითაც იფარება სვეტის შიგა ზედაპირი. |
| გადამტანი გაზი: | აზოტი, ნაკადის სიჩქარე—0,4 მლ/წთ. |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | 80°C იზოპროპილის პიკის გამოსვლამდე, შემდეგ დაპროგრამებული რეჟიმი 80°C-დან 110°C-მდე; ტემპერატურის მატების სიჩქარე — 2°C/წთ. ამაორთქლებლის t° — 150 — 200°C. |

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს შ ე დ ე გ ე ბ ი. დასატვირთ სვეტებთან შედარებით, კაპილარული სვეტების გამოყენება საგრძნობლად აუმჯობესებს გაყოფის ხარისხს, იყოფა ისეთი კომპონენტები, რომლებიც დასატვირთ სვეტზე ერთი პიკის სახით ჩნდებიან: ეთილფორმიატი და აცეტონი, ეთილაცეტატი და იზოპროპილაცეტატი, მესამეული ბუთანოლი და მეთანოლი, იზოამილისა და ოპტიკური ამილის სპირტები.

ტ. ნაჩევასა და ავტორთა მიერ [31] კაპილარულ სვეტზე დაყოფილ იქნა 108 კომპონენტი.

## უმაღლესი ალკოჰოლებისა და რთული ეთერების განსაზღვრა კონიაკის სპირტში [1 ა]

(თ. ღლონტის მიხედვით)

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. პენტანი; 2. უწყლო ნატრიუმის სულფატი ($Na_2SO_4$); 3. პოლიეთილენგლიკოლადიპატი; 4. ქრომოსორბ—W; 5. — კარბოვაქს 20 M.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. აღნიშნული ნაერთების ექსტრაქციას ვატარებთ გამყოფ ძაბრში, რომელშიც ვასხამთ

* ტ. ნაჩევასა და სხვების მიერ [31] მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნაერთების გაყოფისათვის გამოყენებული იყო აგრეთვე 2 მ სიგრძის სვეტი, რომელიც დატვირთული იყო სილანიზირებულ ქრომოსორბ — W-ზე (80—100 მეშ) 15%-ის ოდენობით დატანილი ეთილენგლიკოლადიპატით. ტემპერატურის დაპროგრამება ხდებოდა 50°C-დან 170°C-მდე. გადამტანი გაზის—აზოტის ნაკადის სიჩქარე — 40 მლ/წთ.

** იზოამილის სპირტის შემდეგ გამომავალი კომპონენტების უკეთ დაყოფისათვის ავტორების მიერ გამოყენებული იყო უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებული 47 მ კაპილარული სვეტი, რომლის შიგა ზედაპირი იფარებოდა კარბოვაქს 20 M-ით (5%). აზოტის ნაკადის სიჩქარე შეადგენდა 0,4 მლ-ს წუთში.

150 მლ კონიაკის სპირტს და 50 — 50 მლ-ის რაოდენობით ვამატებთ პენტანს ოთხ ულუფად.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

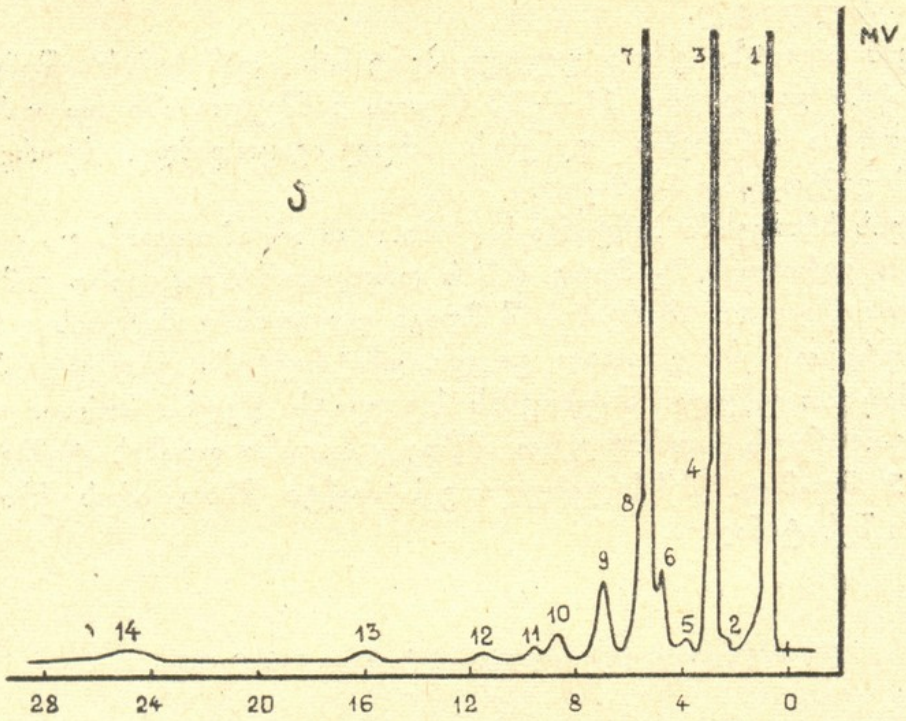
კონიაკის სპირტზე ერთი ულუფა პენტანის დამატების შემდეგ გამყოფ ძაბრს ვანჯღრევთ 15 — 20 წუთის განმავლობაში და უძრავ მდგომარეობაში ვაჩერებთ ფენების სრულ გაყოფამდე. ნჯღრევის ოპერაციას ვიმეორებთ 5—6-ჯერ.

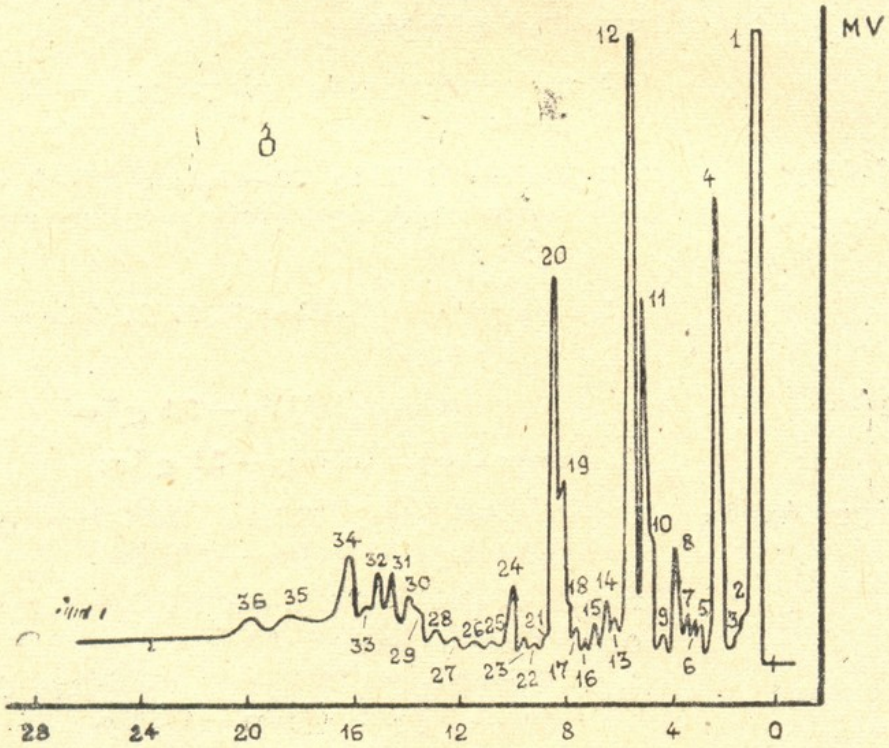
ნჯღრევის პროცესში პენტანმა საცობი რომ არ ამოაგდოს და დანაკარგები არ გვქონდეს, გამყოფ ძაბრს დროდადრო ვაცივებთ გამდინარე წყლის ჭავლით. პენტანის შემდეგი ულუფის დამატების დროსაც ვიმეორებთ ზემოაღწერილ ციკლს. ექსტრაქტებს ცალკე ვაგროვებთ, ვამატებთ უწყლო ნატრიუმის სულფატს წყლის მოსაცილებლად და გამხსნელს ვაორთქლებთ ამწოვ კარადაში ოთახის ტემპერატურაზე 2 მლ-მდე. შესქელებული ექსტრაქტი მზად არის ქრომატოგრაფში შესატანად.

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები:**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | 1. 2. უჟანგავი ფოლადის, 2 მ სიგრძისა და 6,5 მმ შიგა დიამეტრის; |
| | 3. უჟანგავი ფოლადის, კაპილარული — 47 მ სიგრძის; |
| სვეტის შემავსებელი: | 1. 2. ქრომოსორბ W-ზე (60—80 მეშ) 15%-ის ოდენობით დატანილი პოლიეთილენგლიკოლადიპატი; |
| | 3. თხევადი ფაზა კარბოვაქს 20 M (კაპილარული სვეტისათვის); |
| გადამტანი გაზი: | 1. 3. აზოტი; ნაკადის სიჩქარე — 2,1 ლ/სთ. |
| | 2. არგონი; ნაკადის სიჩქარე — 2,1 ლ/სთ; |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | 1. დაპროგრამებული, 50°C-დან 150°C-მდე; ტემპერატურის მატების სიჩქარე — 5°C/წთ; |
| | 2. დაპროგრამებული; 50°C-დან 180°C-მდე; ტემპერატურის მატების სიჩქარე — 8°C-სი. |
| | 3. დაპროგრამებული; 50°C-დან 150°C-მდე; ტემპერატურის მატების სიჩქარე — 4°C/წთ. |

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს შ ე დ ე გ ე ბ ი. 59-ე სურათზე ნაჩვენებია კონიაკის სპირტების პენტანიანი ექსტრაქტების ქრომატოგრაფიული დაყოფის შედეგები.




სურ. 59. კონიაკის სპირტების პენტანიანი ექსტრაქტების ქრომატოგრამები: ა—ერთწლიანი სპირტი; ბ — შვიდწლიანი სპირტი.

აღსანიშნავია, რომ ორწლიანი საკონიაკე სპირტის ქრომატოგრამაზე მივიღეთ 28 პიკი, ხოლო 7; 12; 15; 16 და 24-წლიანი სპირტების ქრომატოგრამებზე — 40-მდე პიკი. კაპილარულ სვეტზე შესაძლებელი გახდა 90-მდე პიკის მიღება (სურ. 29 ბ).

### აქროლადი კომპონენტების განსაზღვრა სპირტიან სასმელებში

ი. კუმიდერი და სხვები [102] სპირტიანი სასმელებიდან რთული ეთერების ექსტრაქციას ახდენდნენ პენტანით ავტომატურ სანჯღრეველაზე 3 საათის განმავლობაში (150 მლ საანალიზო ნიმუშს ემატებოდა 150 მლ პენტანი).

პენტანიან ექსტრაქტს ასქელებდნენ ვაკუუმის ქვეშ 48°C-ზე 5 მლ-მდე, რის შემდეგ ნიმუში მზად იყო ქრომატოგრაფში შესატანად.

ექსტრაქტების დასაყოფად გამოყენებული იყო 2,3 მ სიგრძის სვეტი, რომელიც იტვირთებოდა ქრომოსორბ — W-ზე 10% ოდენობით დატანილი DEGS უძრავი ფაზით. სვეტის სამუშაო ტემპერატურა შეადგენდა 60°C-ს, გადამტანი გაზის — $N_2$-ის ნაკადის სიჩქარე უდრიდა 60 მლ/წთ-ს. ქრომატოგრაფში შეტანის წინ ნიმუშს ასქელებდნენ 1 მლ-მდე.

ა. ფედჲანინმა [47] ხერესში, პორტვეინში, მშრალსა და ცქრიალა ღვინოში განსაზღვრა უმაღლესი ალკოჰოლები, ეთერები, აცეტალდეჰიდი და აცეტალი ექსტრაქტების ანალიზის შედეგად.

### ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები:

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური; |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | კაპილარული, 100 მ სიგრძის, 0,35 მმ შიგა დიამეტრის; |
| თხევადი ფაზა: | პოლიეთილენგლიკოლი — 600(20%); |
| გადამტანი გაზი: | წყალბადი; |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | იზოთერმული, სვეტის სამუშაო ტემპერატურა—84°C. |

ამაორთქლებლის ტემპერატურა: 140°C.

ქრომატოგრამაზე გამოსახული პიკების იდენტიფიკაცია ხდებოდა ნახშირბადის ატომთა რიცხვზე ცალკეულ კომპონენტთა შეკავშირებული მოცულობების ლოგარითმთა წრფივი დამოკიდებულების გრაფიკის აგების საფუძველზე, აგრეთვე შინაგანი სტანდარტის შეტანის გზით.

ა. როდოპულომ და სხვებმა [40] ღვინიდან პენტანის საშუალებით გამოწვლილეს უმაღლესი ალკოჰოლები, რთული ეთერები და კარბონილური ნაერთები. ექსტრაქციას ატარებდნენ უწყვეტი მოქმედების ექსტრაქტორზე 350 საათის განმავლობაში.

### ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები:

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური; |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | უჟანგავი ფოლადის, 2,7 მ სიგრძის; |
| სვეტის შემავსებელი: | ИНЗ—600-ზე 20%-ის ოდენობით დატანილი პოლიეთილენგლიკოლადიპატი; |
| გადამტანი გაზი: | აზოტი; |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | იზოთერმული; სვეტის სამუშაო ტემპერატურა 100°C; ამაორთქლებლის ტემპერატურა 200°C. |

ეროვნული ბიბლიოთეკა

უმაღლესი ალკოჰოლებისა და რთული ეთერების რაოდენობის გაანგარიშებისათვის წინასწარ აგებდნენ საკალიბრო გრაფიკებს.

როდოპულოსა და სხვების მიერ შამპანურ ღვინოში უმაღლესი ალკოჰოლებისა და რთული ეთერების შემადგენლობაში აღმოჩენილი იყო 34 კომპონენტი.

უ მ ა ღ ლ ე ს ი ა ლ კ ო ჰ ო ლ ე ბ ი ს განსაზღვრის მიზნით ი. უისასი და ე. გაგორი [128] 200 მლ საკონიაკე სპირტს აზავებდნენ გამოხდილი წყლით 15 მოც. %-მდე და ატარებდნენ ექსტრაქციას ეთერ-პეხტანის ნაზავით (2:1) 2-ჯერ 100—100 მლ-ის რაოდენობით. მიღებულ ექსტრაქტს ეთანოლის მოსაცილებლად რეცხავდნენ 75 მლ წყლით 6-ჯერ, აშრობდნენ $Na_2SO_4$-ით და აორთქლებდნენ 40°C-ზე 1 მლ-მდე. ამგვარად მიღებული ექსტრაქტი მზად იყო ქრომატოგრაფში შესატანად.

### ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური; |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | უჟანგავი ფოლადის, 4 მ სიგრძისა და 6 მმ დიამეტრის; |
| სვეტის შემავსებელი: | ცელიტზე (80 — 120 მეშ) 17%-ის ოდენობით დატანილი დიეთილენგლიკოლსუქცინატი; |
| გადამტანი გაზი: | აზოტი, ნაკადის სიჩქარე — 21 მლ/წთ; |
| ტემპერატურული რეჟიმი | იზოთერმული; სვეტის სამუშაო ტემპერატურა — 200°C. |

უ მ ა ღ ლ ე ს ი ა ლ კ ო ჰ ო ლ ე ბ ი და ე თ ი ლ ა ც ე ტ ა ტ ი სპირტიან სასმელებში განსაზღვრულ იქნა ჯ. კანის, ე. ბლეზინგერისა [91] და ტ. უსეგლიოს [129] მიერ.

## კარბონილური ნაერთების ანალიზი

კარბონილურ ნაერთებს, მათ შორის ალიფატურ ალდეჰიდებსა და კეტონებს გარკვეული როლი ენიჭებათ ყურძნის პროდუქტთა გემოვნური თვისებების ჩამოყალიბებაში. რთული ნაზავიდან აქროლადი კარბონილური ნივთიერებების გამოყოფის ცნობილ მეთოდად ითვლება მათი გადაყვანა 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზონებში, რომელთა განსაზღვრა გაზურ-ქრომატოგრაფიული მეთოდით ხორციელდება მხოლოდ მათი რეგენერაციის შემდეგ.

მკვლევართა მიერ რეგენერაციისათვის გამოყენებული იყო სხვადასხვა ნივთიერება — ლევულინის [124], ფტალის [33] და α — კეტოგლუტარის მჟავები [16, 127, 132, 117].

ჯ. როლზმა [117] შეიმუშავა მყისიერი გაცვლის მეთოდი, რომელიც შემდეგ რ. სტეფენსმა და ა. ტეილერმა [125] რაოდენობრივი განსაზღვრის მეთოდად წარმოადგინეს. 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზონებს ურევდნენ კრისტალურ α — კეტოგლუტარმჟავას, შემდეგ ნაზავს მყისიერად ახურებდნენ 250°C-მდე, რომლის დროსაც ალდეჰიდები და კეტონები რეგენერაციას განიცდიდნენ. ნაზავს ათავსებდნენ კაპილარში, რომელიც შეერთებული იყო ქრომატოგრაფის დოზატორის ყელთან და აქროლადი ალდეჰიდები და კეტონები შეჰქონდათ სვეტში.

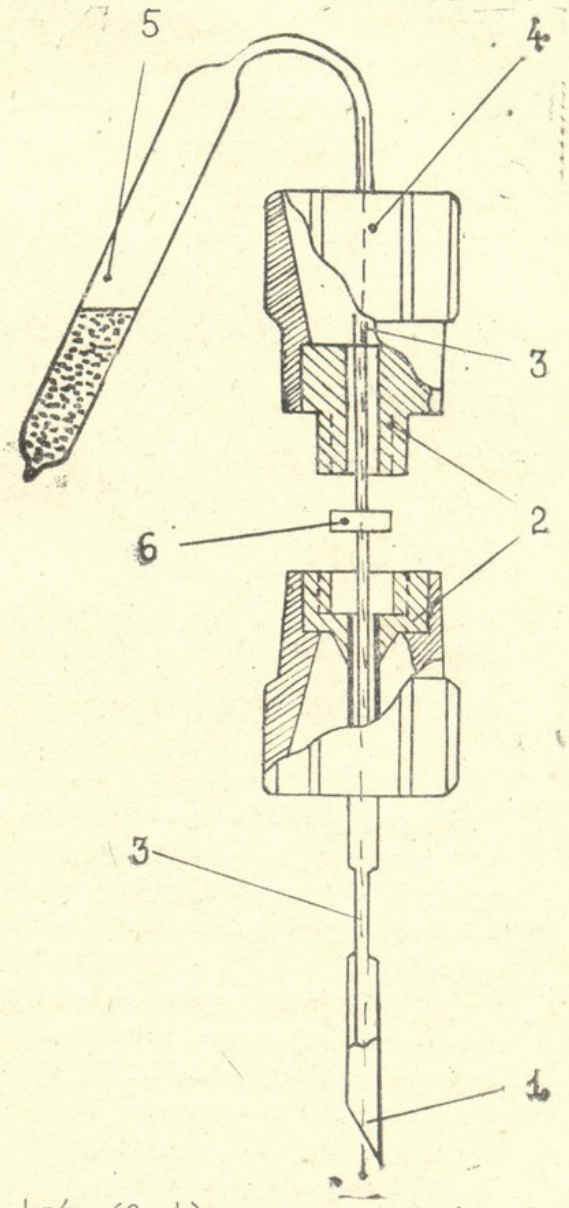
ი. მოხნაჩოვმა და სხვებმა [30] რეაქციული ქრომატოგრაფიის მეთოდი გამოიყენეს თამბაქოს შემადგენელი აქროლადი კარბონილური ნივთიერებების განსაზღვრის მიზნით, რომელიც გამოიყენება არასრული (ნახევრად) რაოდენობრივი განსაზღვრების ჩატარების დროს.

ა. ლაშხმა და ც. ყანდარელმა [18] 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზონების რეგენერაციის მეთოდი გამოიყენეს კონიაკის სპირტების აქროლადი კარბონილური ნაერთების გაზურ-ქრომატოგრაფიული გაყოფის მიზნით.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ალიფატური ალდეჰიდებისა და კეტონების განსაზღვრა [18]

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი: მეთოდი ემყარება ღვინისა და საკონიაკე სპირტის 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზონებში გადაყვანილი ალიფატური ალდეჰიდების რეგენერაციას მაღალ ტემპერატურაზე α—კეტოგლუტარმჟავის თანამყოფობისას და აქროლად მდგომარეობაში გადასული ალდეჰიდების ქრომატოგრაფირებას.




სურ. 60. სპეციალური ყობილობა ალიფატური ალდეჰიდებისა და კეტონების განსაზღვრისათვის: 1—სამედიცინო ნემსის წვერი; 2—მომჭერი ქურო; 3—მინის კაპილარი; 4 — მბრუნავი დოლი; 5 — სარეაქციო ცილინდრი კაპილარითურთ; 6—შემამჭიდროებელი რეზინი.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი დ ა მ ა ს ა ლ ე ბ ი: 1. 2 n HCl-ში 2,4 — დინიტროფენილჰიდრაზინის მაძღარი ხსნარი; 2. ეთილაცეტატი; 3. α—კეტოგლუტარმჟავა; 4. ცელიტ — 545; 5. ნატრიუმის ბიკარბონატი; 6. გლიცერინის ხსნარი; 7. ქრომოსორბ—W (45—60 მეშ); 8. β—β — ოქსიდიპროპიონიტრილი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. 100 მლ ტევადობის ერლენმეიერის კოლბაში ვათავსებთ 20 მლ 2 n HCl-ში 2,4—დინიტროფენილჰიდრაზინის მაძღარ ხსნარს და ვამატებთ 20 მლ კონიაკის სპირტს. შემდეგ კოლბას ერთი დღე-ღამით ვათავსებთ მაცივარში, რის შემდეგაც ნალექს ქაღალდის ფილტრზე ვფილტრავთ. ფილტრზე დარჩენილ ნალექს რამდენჯერმე ჩავრეცხავთ 20 მლ წყლით და ვაშრობთ მუდმივ წონამდე.

ნალექიდან ჰიდრაზონების ელუირებას ვახდენთ ეთილაცეტატით. ქრომატოგრაფირებისათვის ვიღებთ 2 მგ ჰიდრაზონის შესაბამის

ელჟუატს, ვუმატებთ α—კეტოგლუტარმჟავას (შეფარდებით 1:3), კარგად ვურევთ, გადაგვაქვს სარეაქციო ცილინდრში და ვუმატებთ 1 მგ ცელიტ—545 და 5 მგ-მდე ნატრიუმის ბიკარბონატს. ცილინდრის ბოლოს მივარჩილავთ და კაპილარს ვათავსებთ სპეციალურ მოწყობილობაში (სურ. 60).

მინის კაპილარის ზედმეტ ნაწილს ვამტვრევთ ნემსის მსხვილი წვერის დონემდე, ხოლო ნემსი ქრომატოგრაფის რეზინის საფენის გზით შეგვაქვს სვეტის თავთან.

სარეაქციო ცილინდრს 10 წამით ვათავსებთ 250°C-მდე გაცხელებულ გლიცერინიან ჭიქაში. გაცხელებისას სარეაქციო მილში ხორციელდება მყისიერი გაცვლითი რეაქცია. განთავისუფლებული აქროლადი კარბონილური ნაერთები $CO_2$-ის ნაკადით ($NaHCO_3$-ის გაცხელებისას წარმოიქმნება) შედის ქრომატოგრაფში.

**ქრომატოგრაფიული დაყოფის ძირითადი პირობები.**

| | |
|---|---|
| დეტექტორი: | აალებად-იონიზაციური; |
| ქრომატოგრაფიული სვეტი: | უჟანგავი ფოლადის, 2 მ სიგრძისა და 4 მმ დიამეტრის; |
| სვეტის შემავსებელი: | ქრომოსორბ W-ზე (45—60 მეშ) 15%-ის ოდენობით დატანილი β—β—ოქსიდიპროპიონიტრილი; |
| გადამტანი გაზი: | წყალბადი; |
| ტემპერატურული რეჟიმი: | იზოთერმული, სვეტის სამუშაო ტემპერატურა—30°C. ამაორთქლებლის ტემპერატურა—130°C. |

რაოდენობის გაანგარიშება. წინასწარ უნდა შევადგინოთ აცეტონის, მეთილეთილკეტონის, აცეტალდეჰიდის, იზორბომჟავაალდეჰიდის, პროპიონმჟავაალდეჰიდის, იზოვალერიანმჟავაალდეჰიდის ჰიდრაზონთა რაოდენობებისა (γ-ში) და შესაბამისი პიკების ფართობთა (მმ²-ში) ურთიერთდამოკიდებულების საკალიბრო გრაფიკი [1].

ვთქვათ, ქრომატოგრაფირებისათვის გამოვიყენეთ 20 მლ კონიაკის სპირტიდან მიღებული ელჟუატის (ჰიდრაზონების რაოდენობა — 54,0 მგ) 1 მლ, რომელშიც ჰიდრაზონის რაოდენობა 2,7 მგ იქნება. ქრომატოგრამაზე აცეტალდეჰიდის ფართობი უდრის 350 მმ²-ს, რომელსაც წინასწარ შედგენილ გრაფიკზე შეესაბამება 40 γ ალდეჰიდი. თუ 1 მლ ელჟუატი შეიცავს 40 γ ალდეჰიდს, მაშინ 20 მლ-ში იქნება 800 γ. 1 ლ კონიაკის სპირტში კი იქნება

$20 \times 50 = 40\,000$ γ, ანუ 40,0 მგ აცეტალდეჰიდი.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ლიტერატურა


1. ლაშხი ა., ღვინის ანალიზის ახალი მეთოდები, 1973, 24.
1ა. ღლონტი თ. ა., საკანდიდატო სადისერტაციო ნაშრომი, 1972, 23.
2. Айвазов Б. В., Практическое руководство по хроматографии, 1968.
3. Байер Е., Газовая хроматография, 1961.
4. Берчфилд Г., Сторрс Э., Газовая хроматография в биохимии, 1964.
5. Гаден Н., Бауман Ф., Макдональд Ф., Мюнк М., Стивенсон Р., Джере Д., Дзамарони Ф., Ссновы жидкостной хроматографии, Пер. с англ., 1973.
6. Грязнов В. П., Положенцева Н. Г., Сальникова Г. М., Яшин Я. И., Ферментная и спиртовая промышленность, 1966, № 5, 7.
7. Дал Ногаре С., Ланглуа У. Е., Газожидкостная хроматография. Сборник переводов. 1963. 100.
8. Егоров И. А., Родопуло А. К., Тезисы докладов I Всесоюзного биохимического съезда, 1963.
9. Егоров И. А., Родопуло А. К., Изд. АН СССР. Серия биологическая, 1964. № 4, 613.
10. Жуховицкий А. А., Туркельтауб Н. М., Газовая хроматография, 1962, 247.
11. Златкис А., Преториус В. Препаратная газовая хроматография, Пер. с англ., 1974.
12. Каяхара Кендзи, Мори Сюкро, Гагути Гапоцу, J. Ferments. Technol. 1964, 42, № 3, № 6, 375—378, Цит. по Р. Ж. Х., 1965. 8Р 218. 219.
13. Кейлеманс А. Н., Хроматография газов, 1959.
14. Киркленд Дж., Современное состояние жидкостной хроматографии, 1974.
15. Киселев А. В., Яшин Я. И., Газоадсорбционная хроматография, 1967.
16. Крылова Н. Н., Лясковская Ю. Н., Физико-химические методы исследования продуктов животного происхождения, 1965, 224.
17. Курко В. М., Газо-хроматографический анализ пищевых продуктов. 1965.
18. Лашхи А. Д., Кандарели Ц. К., Виноделие и виноградарство СССР, 1971, № 6.
19. Лейбниц Е., Штрюппе Г., Руководство по газовой хроматографии, Пер. с нем., 1969.
20. Липис Б. В., Гринберг Н. Х., Мануйлова Т. А., Труды Молд. НИИ пищевой промышленности, 1967, 7, 55—60.
21. Липис Б. В., Малтабар В. М., Мамакова З. А., Фролова Ж. Н., Труды Молд. НИИ пищевой промышленности, № 8, 215.
22. Липис Б. В., Мамакова З. А., Виноделие и виноградарство СССР, № 3, 7.
23. Липис Б. В., Мамакова З. А., Язловецкая В. Я., Изв. выс. уч. зав., Пищевая технология, № 5, 168—170.
24. Липис Б. В., Малтабар В. М., Мамакова З. А., Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1967.
25. Мак-Нейр Г., Бонелли Э., Введение в газовую хроматографию, Пер. с англ., 1970.

26. Мамакова З. А., Липис Б. В., Малтабар В. М., Изв. выс. уч зав Пищевая технология, № 3, 184.
27. Методы-спутники в газовой хроматографии, Пер. с анг. 1972.
28. Миляков В. Т., Федоров А. Ф., Ферментная и спиртовая промышленность, 1970, № 2, 26—37.
29. Мохначев И. Г., Кузьмин М. П., Летучие вещества пищевых продуктов 1966.
30. Мохначев И. Г., Ковтунов В. С., Каменьщикова С. В., Изв. выс уч. зав., Пищевая технология, 1967, № 5 (60), 112.
31. Начева Т. А., Сальникова Г. М., Князева А. А., Яшин Я. И., Виноделие и виноградарство СССР, 1972, № 6, 25.
32. Нидервисер А., Патаки Ж., Новые методы анализа аминокислот, пептидов и белков. Пер. с англ., 1974.
33 Ниси Суэо., Бунсеки Кагаку, 1962. 11, 415.
34. Парагульгов О. Д., Яшин Я. И., Виноделие и виноградарство СССР, 1969, № 7. 25—28.
35. Перри С., Амос Р., Брюер П., Практическое руководство по жидкостной хроматографии, Пер. с англ. 1974.
36. Писарницкий А. Ф., О биохимических превращениях в винах, Виноделие и виноградство СССР, 1965, № 2, 12.
37. Риман В., Уолтон Г., Йонообменная хроматография в аналитической химии, 1973.
38. Родопуло А. К., Егоров И. А., Писарницкий А. Ф., Виноделие и виноградарство СССР, 1963, № 3, 11.
39. Родопуло А. К., Писарницкий А. Ф., Виноделие и виноградарство СССР, 1963, № 8, 9.
40. Родопуло А. К., Писарницкий А. Ф., Беззубов А. А., Егоров И. А., Виноделие и виноградарство СССР, 1970. № 4, 13.
41. Родопуло А. К., Егоров И. А., Виноделие и виноградарство СССР, 1963, № 4, 4.
42. Сакодынский К. И., Бражников В. В., Буров А. Н., Волков С. А. Зельвенский М. А. Приборы для хроматографии, 1973.
43. Сикорский З., Газовая хроматография в анализе продуктов животного происхождения. 1964.
44. Скотт Р., Газовая хроматография, 1961.
45. Столяров Б. В., Савинов И. М., Витенберг А. Г., Руководство к практическим работам по газовой хроматографии, 1973.
46. Федянин А. А., Виноделие и виноградарство СССР, 1972, № 8, с. 31.
47. Федянин А. А., Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1971, № 11, 33—34.
48. Фроловский П. А., Хроматография газов, 1969.
49. Шемякин Ф. М., Стенин В. В., Йонообменный хроматографический анализ металлов, 1965.
50. Шингляр М., Газовая хроматография в практике, 1964.
51. Эйзен О., Симон Э., «Химия, геология», Изд-во АН Эст. ССР, 1970, 19, № 2, 173—174.
52. Харрис Б., Хебгуд Г., Газовая хроматография с программированием температуры, пер. с англ., 1968.
53. Benedict N., Preparation of the column used for the chromatographic separation of Dactal (DAC 893), 1960, Personal communication.
54. Bergner K., Wagner H., Mitteilungen, Rebe und Wein, 1965. Bd. 15, №4, 131.
55. Bergner K., Haller H. E., Mitt. Klosterneuburg, 1969, 19, №4, 264—288.
56. Bertrand A., Chim. anal., 1971, 53, №9, 577—583.
57. Boi ron J. N., Ribereau—Gayon P., Ind's. aliment. et agric. 1967, 84, №6, 883—893.

58. Carrol R. B., Quart. J. Stud. Alc., Suppl., 1970., №5, 6—19.
59. Charro Arias A., Simal Losano J., An. Real. aca.. farmac., 1966, 32, №6, 543—566.
60. Cincotta J., Feinland R., Anal. Chem., 1964, 36 3, 488—491.
61. Claesson S., Ark. Kemi. Min. Geol., 1946, A 23, №1, 133.
62. Cordonnier R., Bull. „OIV", 1971, №44, №490, 1128—1148.
63. Cremer E., Prior F., 1951, Z. Elektrochem., 55, 66—70., Chem. Abstr., 45, 9334 H.,
64. Cremer E., Müller R., 1951, Z. Elektrochem., 55, 217—220, Chem. Abstr., 45 9335 a.
65. Crovell E. A., Guymon James F., Amer. J. Enol. viticult., 1969, 20, № 3, 155—163.
66. Damiani P., Brogioni M., Ind. Alim., 1971, № 10, 10, 81—84.
67. Van Deemter J. J., Zuiderweg F. J., Klinkenberg A., Chem. Eng. Sci., 1956, 5, 271.
68. Deluzarche A., Maillard A., Maire J., Sommer J., Wagner M., Ann. falsifis. et expert. chim., 1967, 60, № 676, 173—181
69. Dyer R. H., J. Assoc. offic. Anal. Chem., 1972, 55, №3, 564—565.
70. De Vries M. J., S. — Afric. Tyıskr. Landbouwetensk., 1962, 5, № 3 395—400.
71. Desty D. H., Geach C. J., GolduBA., Gas Chromatography 1960, ed. by R. P. W. Scott., Batterworths, 1960, p. 46.
72. Dietz W. A., Journal of Gas Chromatography, 1967, v. 5, 68.
73. Dravert F., Rapp A., Vitis, 1964, 4, 3, 262.
74. Dravert F., Vitis, 1960, 2, 3, 172.
75. Dravert F., Vitis, 1962, 3, 104.
76. Dubois P., Brule G., Ind. alim. et agric., 1972, 89, № 1, 7—9.
77. Franciosi A. Boll. lab. chim. provino, 1971, 21, №5, 477—485.
78. Frey A., Wegener D., Z. für Lebensmitt.— Unters. un. Forsch. 1956, Bd. 104, H. 2. 127—136.
79. Foussin A., Rev. ferment. et inds. aliment., 1959, 14, №5, 206—212.
80. Gentelini L., Riv. viticolt. e enol., 1969, 22, №1, 26—29.
81 Glueckauf F., Jon Exchange and Its Appications Soc. of Chem. Ind., 1955, p. 34.
82. Guymon I. F., Crowell E. A., American Journal of Enology and Vitic., 1969, №2, 20, 76 —85.
83. Haagen—Smit A., Hirosawa R., Wang T., Food Research., 1949, 14.
84, Halasz J., Annual General Meeting ot the Gas Chromatography Discussion Group, Birmingham, 1961.
85. Hawkes S. J., Mooney E. F. Anal. Chem., 1964, 36, 1473.
86. Hennig E., Willfort E. Bull· of. Indst. vin, 1942.
87. Jakobs E.S., Anal. Chem., 1963 1963, 35., 13, 2035—2037.
88. James A. T., Martin A. I. P., Analyts,, 1952 77, 915.
89. Ike a R. M., Webb A. D., Kepner R. P., J. Agric. and Food Chem, 1956, 4.
90. Jennings W. G., Wohleb R., Lewis M. I., J. Food Sci., 1972, 37, № 1, 69—71.

91. Kahn J. H., Blessinger E. T., J. Assoc. Offic. Anal. Chem., 1972, 55, №3, 549—556.
92. Kahn John H., Nickol Gordon B., Gonner Hubert A., J. Agri an , Foo. Chem., 1972, 20, №2, 214—218.
93. Kahn J. H., Shipley P. A., La—Roe E. G,, Gonner H. A,, J. Food Sci., 1969, 34, №6, 587—591.
94. Kaizer R., Gas Ghromatographie, 1962, Leipzig.
95. Kepner R. F., Marse H., Strating J., Analit. Chem., 1964, 36, № 6, 77—82.
96. Kepner R. F., Strating J., J. Inst. Brew., 1963, 69, 5, 399.
97. Kepner R. F., Webb A. D., Journal Enol. and Vitic., 1961, 12, №4.
98, Keulemans A. J.M., Kwantes A., Zaal P., Anal. Chim. Acta. 1955, 13, 357.
99. Kevei Janosne, Elelmiszervizsg. kozl., 1972, 18, №3, 135—142.
100. Klinkenberg A., Sjenitzer F., Chem. Eng. Sci., 1956, 5, 258.
101. Koch J., Hess D., Gruss R., Z. Lebensmitt.—Untersuch. und Forsch. 1971, 147, №4, 207—213.
102. Kumider J., Turek W., Walow M., Pr. Inst. i lab. bad. przem. spoz., 1972, 22, №1, 35—52.
103. Kumider J., Turek W., Walow M., Pr. Inst. i lab. bad. przem-spoz., 1972, 22, №1 53—70.
104. Lamperle E., Mecke R., Zeitschrift für Analytische Chemie, 1965, 212, 18.
105. Litchew V., Goranov N., Bull. „OIV", 1972, 45, №494, 317—337.
106. Martin A. J. P., James A. T., Biochem. J. (London), 1956, 63, 138.
107. Martin A. J. P., Synge R. L. M., Biochem. J., 1941, 35, 91, 1358.
108. Martin Glenn E., Sullo Joseph G., Schoeneman Robert L., J. Agr. and Food Chem., 1971, 19, №5, 995—998.
109. Martin G. E., Caress E. A., J. Sci. Food and Agr., 1971, 22, №11, 587—589.
110. Mattick L. R., Rice A. C., Moyer I. C., Amer. J. Enol. and Viticult., 1970, 21, №4, 179—183.
11. Mattic k L. R., Rice A. C., Amer. J. Enol. and Viticult., 1970, 21, №4, 205—212.
112. Mecke R., Vries M., Z. analyt. Chemie, 1959, 170, №1, 326—332.
113. Nykänen Lalli, Pupputti Erkki, Suomalainen Heikki, „Kem. teol." 1968, 25, №5, 399—404.
114. Nishimura K., Masuda M., J. Food Sci, 1971, 36, №5, 819—822.
115. Ough C. S., Fong D., Amerine M. A., Amer. J. Enol. and Vitic., 1972, 23, №1, 1—5.
116. Prillinger F., Horwatisch H., Mitteil. Klosterneuburg, 1965, A 15, 72—79.
117. Ralls J. W., Analyt. Chem., 1960, 32, 332.
118. Reinhard C., Dtsch. Lebensmittel Rdsch., 1971. 67, №10, 349—352.
119. Reinhard C., Dtsch. Lebensmittel Rdsch., 1968, 23, 475—486.
120. Reinhard C., Dtsch. Lebensmit. — Rundschau, 1969, 65, №8, 223—228.
121. Ribereau — Gayon P., Bertrand A., Vitis, 1972, 10, №4, 318 — 322.
122. Rosie D. M. et al., Analytical Chemistry, 1959, 31, 230.

123. Schaefer J. Timmer R., J. Food Sci., 1970, 35. №1, 10—12.
124. Schormüller J., Grosch W., Z. Lebensmittel—Untersuch. und Forsch., 1962, 118, 385.
125. Stephens R. L., Teszler A. P., Anal. Chem., 1960, 32, 1047.
126. Tateo Fernando, Rass. chim., 1971, 23, №6, 234—236.
127. Ten Hoopen H. J. G., Z. Lebensmitt. —Unters. und Forsch., 1963, 119, 478.
128. Ujszaszi J., Gabor E., „Szeszipar", 1967, 15, №1, 15—19, 27—28.
129. Usseglio Tomasset Luciano, Riv. viticolt. e enol., 1971, 26, №8, 303—320.
130. Webb A. D., Ribereau—Gayon P., Boidron J. W., C. K. Acad. Agricult. de France, 1963, №2.
131. Webb A. D., Kepner R. E., J. Enol. and Viticult., 1962, 13, №1.
132. Weurew J. A., Stephens R S., Tobacco, 1962, 154, 20.
133. Yamashita Ichiji, Tamura Taro, Нихон сёкухин когё таккайси. J. Food Sci. and Technol., 1972, 19, №2, 62—69. Цит. по РЖХим, 1972, 16 Р335.
134. Zubyk W. J., Conner A. Z., Analysis of terpene hydrocarbons and releted compounds by gas chromatography., Anal. Chem., 1960. 32, 912—917.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

# III. თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია

## ზოგადი ნაწილი

ყურძნის პროდუქტთა კვლევის საანალიზო პრაქტიკაში თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის დანერგვის ისტორია რამდენიმე წელს ითვლის. ბოლო ხანებში თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიისადმი ინტერესის გაზრდა ძირითადად უნდა აიხსნას იმ გარემოებით, რომ ეფექტური მიკროქრომატოგრაფიული მეთოდი საშუალებას იძლევა სწრაფად დაიყოს რთული ნაერთები, ამავე დროს იგი ხშირ შემთხვევაში უფრო მგრძნობიარეა, რის გამოც ზოგიერთი რეაგენტის გამოყენების დროს შესაძლებელი ხდება რთული ნაერთების შემადგენელ ზოგიერთ კომპონენტთა უმნიშვნელო რაოდენობის (0,1—0,005 მკგ) აღმოჩენა. ამ მეთოდის დადებით თვისებად ითვლება აგრეთვე, აგრესიული გამამჟღავნებლებისა და მაღალი ტემპერატურის მიმართ გამოყენებულ სორბენტთა შრის მდგრადობა.

თხელფენოვან ქრომატოგრაფიას საფუძველი ჩაეყარა 1938 წელს, როცა აღნიშნულ საკითხთან დაკავშირებით გამოქვეყნებული იქნა ნ. იზმაილოვისა და მ. შრაიბერის სტატია [31]. ავტორებმა ალუმინის ჟანგის თხელი ფენით დაფარულ მინის ფირფიტაზე პირველად მოახერხეს სამკურნალო მცენარეებიდან გამონაწვლილი ალკალოიდების დაყოფა.

მოგვიანებით ჟ. მეინჰარდმა და ნ. ჰოლმა [34] ალუმინის ჟანგის სახამებლით შემაგრებულ ფენაზე რადიალური ქრომატოგრაფიის მეთოდით დაჰყვეს ზოგიერთ არაორგანულ იონთა ნაზავი.

ზემოაღნიშნულ სამუშაოთა საფუძველზე ი. კირხნერმა, ი. მილერმა და გ. კელერმა [32] შეიმუშავეს ტერპენების დაყოფისა და იდენტიფიკაციის ახალი მეთოდი.

სორბენტის შემაგრებულ ფენებზე ქრომატოგრაფირების მეთოდი შემდგომში საგრძნობლად იქნა გაუმჯობესებული ე. შტალისა და სხვათა მიერ [47—60].

საყურადღებოა, რომ თხელფენოვან ქრომატოგრაფიულ მეთოდს საფუძველი ჩაუყარა და განვითარებას ხელი შეუწყო ქრომატოგრაფიის ისეთი სახეების სრულყოფამ, როგორიცაა განმანაწილებელი, ადსორბციული და იონცვლითი ქრომატოგრაფიები. ამჟამად ნაერთთა დაყოფისას სორბენტის თხელ ფენაზე გამოიყენება არა მარტო ადსორბციული, არამედ განმანაწილებელი და იონცვლითი ქრომატოგრაფიული მეთოდები.

ადსორბციული ქრომატოგრაფია ემყარება მყარი ფაზის მიერ გახსნილი ნაერთის სორბციას.

განმანაწილებელ ქრომატოგრაფიას საფუძვლად უდევს ფაზებს (ერთი უძრავია, მეორე კი მოძრავი) შორის ნაერთთა განაწილება.

იონცვლითი ქრომატოგრაფია დამყარებულია გახსნილ ნაერთებსა და სორბენტის ქიმიურ ჯგუფებს შორის იონურ ნაერთთა წარმოქმნაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ საანალიზო პრაქტიკაში ეს პროცესები თითქმის არასოდეს არ მიმდინარეობს ერთმანეთისაგან იზოლირებულად.

## ქრომატოგრაფირების არსი, მუშაობის ტექნიკა, მასალები და მოწყობილობა

### მეთოდის არსი

სორბენტის თხელ ფენაზე ქრომატოგრაფირების მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს: მცირე ზომის მინის ან პლასტმასის ფირფიტის ერთ-ერთ ზედაპირს ვფარავთ სორბენტის თხელი ფენით, შემდეგ ვაშრობთ და ვააქტიურებთ. სასტარტო ხაზზე გათვალისწინებულ წერტილებზე დაგვაქვს საანალიზო ნიმუშის სინჯი (დაახლოებით 0,001—0,003 მლ)* და ფირფიტას ერთი ბოლოთი (სასტარტო ხაზის მხარე) ვათავსებთ მოძრავ გამხსნელში ან გამხსნელთა სისტემაში. ფირფიტაზე გამხსნელის ქვევიდან ზევით მოძრაობისას (რაც კაპილარული ძალების მეოხებით ხორციელდება, საანალიზო ნაზავის კომპონენტები ცალკეული ლაქების სახით, განაწილების კოეფიციენტების შესაბამისად ნაწილდებიან. როცა გამხსნელი ფირფიტაზე სტარტიდან 10 სმ სიმაღლეს მიაღწევს, გამხსნელიდან ქრომატოგრამას ამოვიღებთ, ფრონტის ხაზს აღვნიშნავთ, გავაშრობთ და გავამჟღავნებთ შესაბამისი ფერადი ინდიკატორით (საჭიროების შემთხვევაში) ისევე, როგორც ქაღალდის ქრომატოგრაფიის შემთხვევაში.

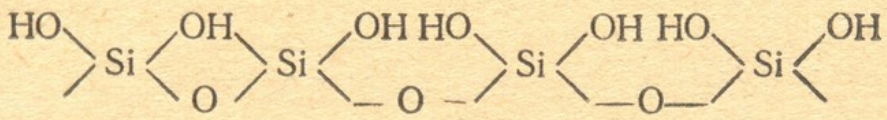
---

* ქრომატოგრაფირებისათვის სინჯის რაოდენობა დამოკიდებულია საანალიზო ნაზავში საკვლევი კომპონენტების კონცენტრაციაზე.

საანალიზო ნაზავის ეფექტური დაყოფისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება შესაფერისი ხარისხისა და აქტივობის სორბენტის შერჩევას. სორბენტის შერჩევა, უპირველეს ყოვლისა, დამოკიდებულია გასაყოფ ნაერთთა თვისებებზე: მათს ხსნადობაზე, შემადგენლობასა და ფუნქციონალური ჯგუფების ხასიათზე.

თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაში გამოყენებული სორბენტები — სილიკაგელი, ალუმინის ჟანგი, ცელულოზა, სინთეზურ ფისებთან და გადამტანზე დატანილ თხევად იონიტებთან შედარებით, ხასიათდებიან მაღალი ადსორბციული თვისებებით და დაბალი იონცვლითი მოცულობით.

ს ი ლ ი კ ა გ ე ლ ი. სილიკაგელი მაღალმოლეკულური ნაერთია, რომლის შემადგენლობაში შემავალი ფუნქციონალური OH—ჯგუფები განაპირობებენ მისსავე ქიმიურ თვისებებს, კერძოდ, იონურ გაცვლისუნარიანობას [8,12].



საზღვარგარეთ ძირითადად იყენებენ სილიკაგელ H-ს (შემაკავშირებლის გარეშე) ანდა სილიკაგელ G-ს 5% თაბაშირის დამატებით, „დეგაზასა“ და „მერკ“ ფირმის სილიკაგელს „თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიისათვის“, აგრეთვე ვჲოლმის (გდრ) ფირმის სილიკაგელს.

სამამულო წარმოება უმთავრესად KCK მარკის სილიკაგელს უშვებს. ეს მსხვილფოროვანი სილიკაგელია და წარმოქმნის სორბენტგადამტანის ისეთ ფენას, რომელიც მკვრივად ეკვრის ფირფიტის ზედაპირს (150 — 200 მეშ).

უკეთუ სილიკაგელი რკინის მინარევებს შეიცავს, მათ მოსაცილებლად შემდეგ ხერხს უნდა მივმართოთ: დაფქვილი და საცერში გატარებული სილიკაგელი უნდა ვადუღოთ კონცენტრულ HCl-ის (1:1) რამდენიმე ულუფით $Fe^{3+}$ — იონების სრულ მოცილებამდე (რეაქცია როდანამონიუმთან), შემდეგ გამოხდილი წყლით გულდასმით გავრეცხოთ ქლორის იონების მოცილებამდე (რეაქცია $AgNO_3$-თან). წყლიანი მასა უნდა შევანჯღრიოთ და წყალი დეკანტაციით გადმოვწუროთ წვრილი ნაწილაკების მოცილების მიზნით. გარეცხილი სილიკაგელი გავაშროთ ჯერ ოთახის ტემპერატურაზე, შემდეგ 120°C-ზე 24—48 საათის განმავლობაში და შევინახოთ მიხეხილსაცობიან მინის ჭურჭელში.

ა ლ უ მ ი ნ ი ს ჟ ა ნ გ ი. თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაში გამოყენებულია „ალუმინის ჟანგი ქრომატოგრაფიისათვის“, რომლის ფენი

კარგად ეკვრის ფირფიტის ზედაპირს. ალუმინის ჟანგის თვისებები შესაძლებელია ვცვალოთ შესაფერისი გამხსნელების შერჩევითა და გარკვეული ნივთიერებების დამატებით.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

იმ შემთხვევაში, როცა ნაერთი არამდგრადია ტუტეების მიმართ, ხოლო სორბენტს აქვს ტუტე რეაქცია, იგი უნდა გაირეცხოს ნეიტრალურ რეაქციამდე [1]. ამისათვის ალუმინის ჟანგს თავდაპირველად მტვერის მოსაცილებლად წყალთან შევანჯღრევთ და გადავწურავთ, შემდეგ დარჩენილ მასას ვამატებთ 10%-იან ძმარმჟავას და ვაცხელებთ ადუღებამდე (ნაზავმა უნდა შეინარჩუნოს მჟავე რეაქცია). ნალექს ვრეცხავთ გამოხდილი წყლით (დეკანტაციით) ნეიტრალურ რეაქციამდე, ვფილტრავთ და ვაშრობთ ჯერ 120C°-ზე 4 საათის განმავლობაში, შემდეგ კი 300—400°C-ზე 6 საათის განმავლობაში.

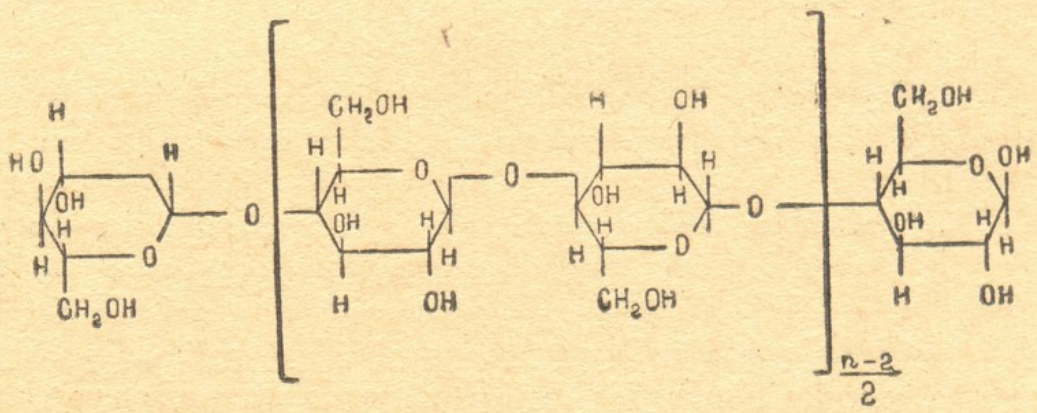
ალუმინის ჟანგს თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიისათვის ამზადებენ ფირმები „ულდუკი" (შვეიცარია) და „ვდოლმი" (გდრ).

კ ი ზ ე ლ გ უ რ ი. კიზელგური, სილიკაგელსა და ალუმინის ჟანგთან შედარებით, სუსტი სორბციული თვისებებით ხასიათდება. ძირითადად მას იყენებენ პოლარულ ნაერთთა გაყოფის დროს. კიზელგური მყარ გადამტან ფაზად უმეტესად გამოიყენება განმანაწილებელი ქრომატოგრაფიული მეთოდით მუშაობისას [53].

კიზელგურს შერეული ფენის ნაზავშიც იყენებენ, მაგალითად, კიზელგურ-თაბაშირისა და სილიკაგელ-თაბაშირის (1:1) ნაზავების სახით.

ც ე ლ უ ლ ო ზ ა. თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაში ხშირად გამოიყენება მაღალმოლეკულური პოლისახარიდები — $[C_6H_7(OH)_3]_n$ წვრილდისპერსიული ფხვნილების სახით.

ცელულოზის მოლეკულის აღნაგობა ნაჩვენებია ქვემოთ:



სპირტული ჯგუფების არსებობა ცელულოზის მოლეკულაში განაპირობებს მის მაღალ რეაქციის უნარიანობას [16].

თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაში გამოყენებულია „მახერეის", „ნაგელი და K⁰" ფირმების (გფრ) სხვადასხვა ხარისხის ცელულოზა,

თაბაშირდაუმატებელი: MN-300 მარკის, MN-300 Ac მარკის აცეტილირებული ცელულოზა, MN-300 CM კარბოქსიმეთილცელულოზა, MN-300 P ფოსფორილირებული ცელულოზა, MN-300 DEAE დიეთილამინოეთილცელულოზა, MN-300 ECTEOLA ანიონმცვლელი ცელულოზა და 5%-ის ოდენობით თაბაშირდამატებული შესაბამისი ხარისხის ცელულოზები (MN-300 G; MN-300 G/Ac; MN-300G/CM; NN-300 G/ P; MN-300 G /DAE; MN-300 G/ ECTEOLA.

ლაბორატორიულ პირობებში ცელულოზის ფხვნილი შეგვიძლია შემდეგნაირად დავამზადოთ: ავიღოთ 800 გ ბამბის ცელულოზა, დავამატოთ 5 ლ აბსოლუტურ ეთილის სპირტში განზავებული ქლორწყალბადის 10%-იანი ხსნარი და ვადუღოთ 20—25 წუთის განმავლობაში, ამის შემდეგ ცელულოზას გავრეცხავთ წყლით, მეთილის სპირტით, გავაშრობთ ჰაერზე და გავცრით საცერში (150—200 მეშ).

 პ ო ლ ი ა მ ი დ უ რ ი ფ ხ ვ ნ ი ლ ი. პოლიამიდური ფხვნილი თეთრი ფერის, ერთგვაროვანი მასაა. მის მისაღებად ძირითადად იყენებენ პოლიკაპროლაქტამს (კაპრონი), პოლიჰექსამეთილენდიამინადიპინატს (ანიდი), ზოგჯერ კაპროლაქტამისა და ადიპინმჟავის ან აზელაინმჟავის და ჰექსამეთილენდიამინის ერთობლივი კონდენსაციის პროდუქტებს.

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია პოლიამიდზე ითვლება მეტად პროგრესულ საშუალებად, ვინაიდან იგი სწრაფი და უნივერსალურია, ამავე დროს გამხსნელთა ფართო ასორტიმენტის შერჩევის საშუალებას იძლევა.

პოლიამიდური ფხვნილის თხელი ფენიდან, სხვა სორბენტებისაგან განსხვავებით, საანალიზო ნივთიერებების სრული დესორბცია ხერხდება. ამ თვისების გამო იგი როგორც სორბენტი, შეუცვლელია რაოდენობრივი ანალიზისა და მისი პრეპარატული მიზნებით გამოყენების დროს.

პოლიამიდური ფხვნილისაგან შეიძლება დამზადდეს როგორც შემაგრებული, ისე შეუმაგრებელფენიანი ქრომატოგრაფიული ფირფიტები.

უნდა აღინიშნოს, რომ პოლიამიდური ფხვნილები აგრესიული გამამჟღავნებლების მიმართ (მჟავები, ტუტეები) არამდგრადია [29].

თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაში ზემოაღნიშნული სორბენტების გარდა გამოყენებულია იონმცვლელი ფისები, სეფადექსი ანუ მოლეკულური საცრები, მაგნიუმის სილიკატი, ფლორიზილი, ცელიტ 545, მაგნიუმის ფოსფატი, კალციუმის ფოსფატი და სხვ.

სორბენტები სხვადასხვა აქტივობისა არიან. წყლის დამატებით სორბენტის აქტივობა მცირდება. ალუმინის ჟანგის აქტივობას გამოხატავენ მასში წყლის პროცენტული შემცველობის მიხედვით. ხშირად

ასევე იქცევიან სილიკაგელისა და სხვა სორბენტთა აქტივობის დასახასიათებლად.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

იმ შემთხვევაში, როცა ქრომატოგრაფიული ანალიზი ტარდება სორბენტის შემაგრებულ ფენაზე, მისი აქტივობის სასურველ დონემდე მიყვანას ფირფიტის ზედაპირის დაფარვის შემდეგ ახდენენ. ხოლო შეუმაგრებელ ფენაზე მუშაობისას, ფირფიტაზე წინასწარ განსაზღვრული აქტივობის სორბენტს ათავსებენ.

სასურველი აქტივობის სორბენტის მისაღებად გაუწყლოებულ სორბენტს უმატებენ შესაბამისი რაოდენობის დისტილირებულ წყალს, შეანჯღრევენ საცობით კარგად თავდახურულ მინის ჭურჭელში მოთავსებულ ნაზავს 5—10 წუთის განმავლობაში და ტოვებენ წყნარ მდგომარეობაში დილამდე.

სორბენტი უნდა ინახებოდეს საცობით თავდახურული მინის ჭურჭელში.

ი ო ნ მ ც ვ ლ ე ლ ი  ს ი ნ თ ე ზ უ რ ი  ფ ი ს ე ბ ი. თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაში იონმცვლელი სინთეზური ფისები გამოყენებულია კათიონებისა და ანიონების დასაყოფად. მაგალითად, იონური გაცვლა ჩაატარეს დაუექს-1 ტიპის ფისზე, ხოლო კათიონური გაცვლა— დაუექს—50-ზე [22, 23].

კათიონებისა და ანიონების თხელ ფენაზე გაყოფისათვის გამოიყენება კათიონები — ამბერლიტ CG—120 [44, 45, 24], დაუექს — 50, ჩელექს — 100 [24] და ანიონიტები — დაუექს-1, ბიორექს-S [24, 28, 46, 44].

მ ი ნ ე რ ა ლ უ რ-ო რ გ ა ნ უ ლ ი  ი ო ნ ი ტ ე ბ ი. მინერალურ-ორგანული იონმცვლელი სორბენტები თავისი თვისებებით განსხვავდებიან როგორც მინერალური წარმოშობის იონმცვლელი სორბენტების (ჟანგები, ჰიდრომჟავები და მეტალთა მარილები, სილიკაგელები, ცეოლიტები და სხვა), ისე სინთეზური ორგანული იონმცვლელი ფისებისაგან. მინერალურ-ორგანული იონიტები მიიღება სინთეზის გზით [5,7].

## ქრომატოგრაფიული ფირფიტის მომზადება

### 1. ფირფიტის შერჩევა და მომზადება

საანალიზო პრაქტიკაში ძირითადად მიღებულია ფირფიტების სორბენტის თხელი ფენით დაფარვა და მომზადება ინდივიდუალური წესით, თუმცა ზოგიერთი საზღვარგარეთული ფირმა უშვებს სორბენტისფენიან მზა ფირფიტებს. უფრო მეტად გავრცელებულია „Kodak“ ფირმის (ინგლისი) „ისტმანოვური ფურცლები“, „Kavalier“ ფირმის (ჩეხოსლოვაკია) „სილუფოლის“ ფირფიტები, აგრეთვე

„Chinoin Nagytétényi“ ფირმის (უნგრეთი) „ფიქსიონის“ ფირფიტები.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაში ქრომატოგრაფიულ ფირფიტად გამოყენებულია კვადრატული და სწორკუთხა მინის (ზოგჯერ პლასტმასის ფირფიტები (ემულსიამოცილებული ფოტოფირფიტა, სასარკე მინა, პირექსი, ჩვეულებრივი საფანჯრე მინა და სხვა). პრაქტიკაში გავრცელებულია, აგრეთვე, მქრქალი მინაც, რომელსაც უპირატესად შეუმაგრებელი ფენების დასამზადებლად იყენებენ.

ქრომატოგრაფიული ფირფიტების ზომები მკაცრად განსაზღვრული არ არის. უფრო ხშირად გამოყენებულია 15—20 სმ სიგრძისა და 4—20 სმ სიგანის ფირფიტები, იყენებენ 30—40 სმ სიგანისა და 40—50 სმ სიგრძის ფირფიტებსაც (პრეპარატული გაყოფისას). საანალიზო პრაქტიკაში გავრცელებულია, აგრეთვე, ე. წ. „მიკროფირფიტები“ — სასაგნე მინები (2,5×7,6 სმ ზომებით).

ქრომატოგრაფიული ფირფიტა, ვიდრე მასზე სორბენტის თხელ ფენას დავიტანდეთ, საფუძვლიანად უნდა გავრეცხოთ და გავაშროთ.

## 2. სორბციული მასის მომზადება

ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე დატანილი სორბენტის თხელი ფენა შეიძლება ორგვარი იყოს: შ ე მ ა გ რ ე ბ უ ლ ი — როცა სორბენტს ემატება რომელიმე შემაკავშირებელი რეაგენტი, მაგალითად, თაბაშირი ან სახამებელი და შ ე უ მ ა გ რ ე ბ ე ლ ი — როცა სორბციული მასა მზადდება შემაკავშირებელი რეაგენტის დამატების გარეშე.

შ ე მ ა გ რ ე ბ უ ლ ფ ე ნ ი ა ნ ი  ს ო რ ბ ც ი უ ლ ი  მ ა ს ი ს  მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. სორბენტის ფხვნილს მისივე წონის 5%-ის რაოდენობით ვამატებთ თაბაშირს და დისტილირებულ წყალს 1:2 შეფარდებით. სორბენტისა და თაბაშირის ნაზავს ჯერ ვამატებთ საჭირო წყლის 70%-ს და ფაიფურის ან აგატის როდინში კარგად ვსრესავთ ერთგვაროვანი მასის მისაღებად (მასა არ უნდა შეიცავდეს ჰაერის ბუშტუკებს), თან ვურევთ და ვამატებთ წყლის დარჩენილ რაოდენობას (30%-ს). მთელი ეს პროცესი 1—2 წუთში უნდა დავამთავროთ და მიღებული სორბციული მასა სწრაფად გადავიტანოთ ფირფიტაზე.

ზოგიერთ შემთხვევაში, ე. წ. მოდიფიცირებული ფენების მისაღებად, წყლის მაგივრად, სორბენტს უმატებენ მჟავების, ტუტეების. ბუფერებისა და სხვათა ხსნარებს. მჟავე ფენების მისაღებად სორბენტს უმატებენ 0,5 n მჟაუნმჟავას, 0,1 n ბორის მჟავას, ყინულოვან ძმარმჟავასა და სხვ. ტუტე რეაქციის ფენების მისაღებად სორბენტს ემატება 0,5—0,1 n კონცენტრაციის მწვავე კალიუმის ან მწვავე ნატრიუმის ტუტის ხსნარები.

გავეცნოთ ზოგიერთი სორბენტისაგან სორბციული მასის მომზადების ხერხებსა და მიღებული გააქტივების პირობებს.

1. სორბციული მასის მომზადება სილიკაგელი — თაბაშირი, ალუმინის ჟანგი — თაბაშირი და კიზელგური-თაბაშირი 20×20 სმ ზომის ხუთი ფირფიტისათვის; ფენის სისქე 250 მიკრონამდე.

ვიღებთ 25 გ სორბენტს, რომელიც შეიცავს 5% თაბაშირს და კარგად ვურევთ 35 მლ წყალში, იგივე წესით, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული. შემდეგ მიღებულ მასას კიდევ ვუმატებთ 15 მლ წყალს და თან ვურევთ.

2. სორბციული მასის მომზადება KCK მარკის სილიკაგელისაგან 11×17,5 სმ ზომის ფირფიტისათვის 300 მიკრონამდე ფენის სისქით.

ვიღებთ 6,9 გ სილიკაგელს, 0,35 გ სამედიცინო თაბაშირს და მათ ერთიან მასას ვამატებთ 18 მლ წყალს 100 — 150 მლ ტევადობის კონუსურ კოლბაში (საცობი მჭიდროდ არის დაცული). ამ გზით მომზადებული მასა ფირფიტის ზედაპირზე უნდა დავიტანოთ ხელსაწყოს გარეშე.

3. სორბციული მასის მომზადება სახამებლიანი სილიკაგელისაგან 11×17 სმ ზომის 7—8 ფირფიტისათვის 0,5 მმ სისქის ფენით.

ვიღებთ 28,5 გ სილიკაგელს, 1,5 გ ბრინჯის სახამებელს და მათ მთლიან მასას ვამატებთ 54 მლ დისტილირებულ წყალს, ვდგამთ წყლის აბაზანაზე და 85°C-ზე ვაცხელებთ, თან განუწყვეტლივ ვურევთ. მიღებულ სუსპენზიას კიდევ ვამატებთ 20—30 მლ დისტილირებულ წყალს.

4. სორბციული მასის მომზადება თაბაშირისაგან (2 $CaSO_4 \cdot H_2O$, „მერკ“ ფირმის) 20×20 სმ ზომის სამი ფირფიტისათვის 250 მიკრონამდე სისქის ფენის მისაღებად.

25 გ თაბაშირს 35 მლ დისტილირებულ წყალში კარგად ავურევთ ანდა იგივე კომპონენტებს ვურევთ ერთმანეთს 1:2 შეფარდებით.

მასის ფირფიტაზე დატანის შემდეგ 15 წუთით ფირფიტას ვაჩერებთ ოთახის ტემპერატურაზე, შემდეგ ვაშრობთ 80—90°C-ზე ერთი საათის განმავლობაში და ვაცივებთ ექსიკატორში $P_2O_5$-ის თანამყოფობისას. ტემპერატურის 100°C-მდე აწევის შემთხვევაში ფენა ფირფიტაზე ფხვნილად იქცევა.

ცელულოზისაგან სორბციული მასის დამზადების შემდეგი ხერხები არსებობს:

ა) MN-300 და MN-300 G მარკისათვის: 15 გ ცელულოზის ფხვნილს ვურევთ 90 მლ დისტილირებულ წყალში. მასა გადაგვაქვს ფირფიტაზე. ფირფიტას ვაშრობთ 105°C-ზე 10 წუთის განმავლობაში.

ბ) MN-300 Ac და MN-300 G/Ac მარკისათვის: 10 გ. ცელულო-

ზის ფხვნილს, 50 მლ მეთილის სპირტსა და 5 მლ დისტილირებულ წყალს ერთ მასად ვურევთ. მასა გადაგვაქვს ფირფიტაზე. ფირფიტას ვაშრობთ 60°C-ზე 10 წუთის განმავლობაში;

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გ) MN-300 G/DEAE მარკისათვის: 10 გ ცელულოზის ფხვნილს და 90 მლ დისტილირებულ წყალს ერთ მასად ვურევთ. ფირფიტას ვაშრობთ 60°C-ზე 10 წუთის განმავლობაში;

დ) MN-300 G/ECTEOLA მარკისათვის: 10 გ ცელულოზის ფხვნილს ვამატებთ 95 მლ დისტილირებულ წყალს და ვურევთ საფუძვლიანად. მიღებულ მასას თხელ ფენად გადავიტანთ ფირფიტაზე და ვაშრობთ 50°C-ზე 40 წუთის განმავლობაში;

ე) ბამბის ცელულოზის ფხვნილისაგან სორბციული მასის მომზადება:

ვიღებთ 5 გ ფხვნილს, 0,3 გ თაბაშირს, 15 მლ წყალს და ერთიან მასას ვამზადებთ — 13×18 სმ ზომის ფირფიტისათვის. ფირფიტას სორბენტის ფენის გააქტივებისათვის ვაშრობთ ჯერ 5—10 საათის განმავლობაში ჰაერზე 20°C-ის პირობებში, ხოლო შემდეგ 105°C-ზე 45 წუთის განმავლობაში.

### 3. ქრომატოგრაფიული ფირფიტის სორბენტის თხელი ფენით დაფარვა

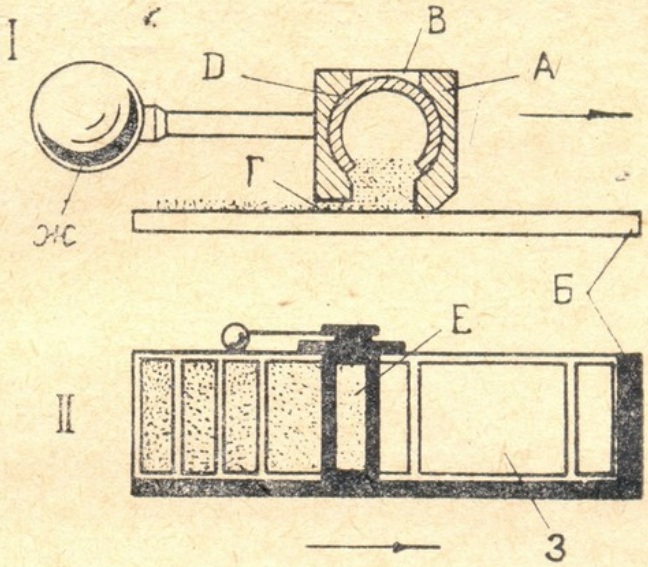
ქრომატოგრაფიული ფირფიტის სორბენტის შემაგრებული ფენით დაფარვას ახორციელებენ შტალის ხელსაწყოთი (სურ. 61). რომელსაც უშვებს ჰაიდელბერგის „C. Desaga-ს" ფირმა.

სორბენტის შემაგრებულფენიანი ფირფიტის მომზადება შემდეგი ოპერაციების ჩატარებას ითვალისწინებს:

1. შესაფერისი ზომის მინის ფირფიტის გარეცხვა და გაშრობა;
2. მინის ფირფიტის ზედაპირის სორბენტის ფენით დასაფარავი მოწყობილობის გამართვა;
3. სორბციული მასის მომზადება სუსპენზიის სახით და მინის ფირფიტაზე მისი მოსწორება ხელსაწყოს დახმარებით;
4. ფირფიტის გაშრობა ჰაერზე (ოთახის ტემპერატურაზე) ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში;
5. ფირფიტების გააქტივება საშრობ კარადაში გახურებით, ანდა 24 საათის განმავლობაში ჰაერზე 20°C-ის პირობებში გაჩერება.

შტალის ხელსაწყო შედგება A კორპუსისა და Б შაბლონისაგან. A კორპუსს აქვს გამჭოლი განივი ჭრილი B და Г ხვრელი ძირთან,

რომელიც იმავე სიგრძისაა, როგორც მინის ფირფიტა (20 სმ), ხოლო სიმაღლით შეესაბამება მისაღები ფენის სისქეს (250—300 მიკრონი).




სურ. 61. შტალის ხელსაწყო სორბენტის შემაგრებული ფენით ფირფიტის დასაფარად: I—გვერდხედი ჭრილში; II—ხელსაწყოს ხედი ზემოდან; А—ხელსაწყოს კორპუსი; Б—შაბლონი; В—კორპუსის განივი ჭრილი; Г—ხვრელი კორპუსის ძირთან; Д—ჰილზი; Е—ჰილზის განივი ხვრელი Ж—სახელური; З—მინის ფირფიტა. ისრები გვიჩვენებენ ხელსაწყოს მოძრაობის მიმართულებას.

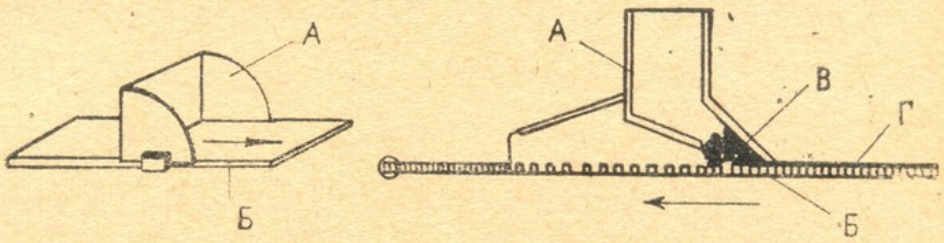
В კორპუსის განივ ჭრილში ჩადგმულია D ჰილზი, რომელიც ორივე მხრიდან დახურულია და აქვს Е განივი ხვრელი სორბციული მასის ჩასასხმელად და გადმოსასხმელად. ჰილზი შეიძლება ვამოძრაოთ Ж სახელურის მეშვეობით 180°-ით. ხელსაწყოს კორპუსი დამაგრებულია Б შაბლონზე, რომელზეც მაგრდება, აგრეთვე 3 ფირფიტა, მათი ზედაპირის სორბენტის ფენით დასაფარავად. ხელსაწყოს თან მოჰყვება 20×20 და 20×5 სმ ზომის ფირფიტები, რომლებიც ერთი და იგივე სისქისაა.

შტალის ხელსაწყოს ჰილზში ისხმება სორბციული მასა ფირფიტის დასაფარავად. სახელურის შემობრუნებისას მასა გადმოდის ჰილზიდან მინის ფირფიტაზე, ხოლო ხელსაწყოს მოძრაობისას ხდება მასის განაწილება ფირფიტის ზედაპირზე.

მინის ფირფიტის შემაგრებული სორბენტის ფენით დასაფარავად გამოყენებულია უფრო მარტივი ხელსაწყოებიც, მაგალითად, ისეთები, როგორიც 62-ე სურათზეა წარმოდგენილი. ეს ხელსაწყოები იგივე პრინციპზეა აგებული, როგორც შტალის ხელსაწყო. ეს ხელსაწყოები მზადდება პლექსიგლასისაგან და მინის ფირფიტაზე 250 — 300 მიკრონი სისქის ფენის მიღების საშუალებას იძლევიან.

უნდა აღინიშნოს, რომ მინის ფირფიტის ზედაპირის დაფარვა

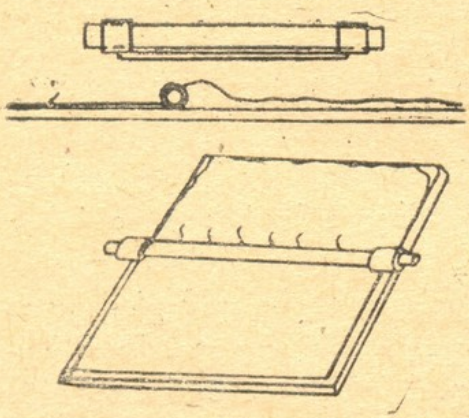
სორბციული მასით ხელსაწყოს გარეშეც ხერხდება. მარტივი ხერხით მინის ზედაპირის სორბციული მასით დაფარვა ხორციელდება შემდეგნაირად: მასას გადმოღვრიან ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოთავსებულ ფირფიტაზე და თანაბარი ფენის მისაღებად შპატელის დახმა-




სურ. 62. სორბენტი თხელი ფენის მისაღები ხელსაწყო: A—ხელსაწყო; Б—მინის ფირფიტა; B—სორბციული მასალა; Г—სორბენტის თხელი ფენა. ისრები გვიჩვენებენ ხელსაწყოს მოძრაობის მიმართულებას.

რებით მთელ ფართობზე გაშლიან. ამ წესით დამზადებული ქრომატოგრაფიული ფირფიტები საკმაოდ დამაკმაყოფილებელ შედეგებს იძლევა.

ზემოაღნიშნული ხერხებით მიღებული ფირფიტების გაშრობისა და გააქტივებისათვის სორბენტიან (სილიკაგელი, ალუმინის ჟანგი, კიზელგური) მინის ფირფიტას შეშრობისათვის 20 წუთით ტოვებენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, შემდეგ კი ათავსებენ საშრობ კარადაში 110°C-ზე 30 წუთით. გააქტივებული ფირფიტა სასურველია ინახებოდეს ექსიკატორში სილიკაგელის ანდა ქლორკალციუმის არეში ან სპეციალურ კარადაში.



სურ. 63. სორბენტის შეუმაგრებელფენიანი ფირფიტის მისაღები მარტივი მოწყობილობა.

სორბენტის შეუმაგრებელფენიანი ფირფიტის მომზადების წესი: საჭირო აქტივობის სორბენტს ფირფიტის ზედაპირზე დაიტანენ (უმჯობესია მქრქალი მინა) და მთელ ფართობზე უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებული ლილვაკით მოასწორებენ. 63-ე სურათზე წარმოდგენილია მოწყობილობა, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება შეუმაგრებელფენიანი ფირფიტის მომზადება. ლილვაკის დანიშნულება შეიძლება შეასრულოს მინის მილმა, რომელსაც ბოლოებზე ჩამოცმული აქვს 0,5—1,0 სმ სიგრძის კაუჩუკის მილები (როგორც ეს 63-ე სურათზეა), რომელთა შორის მანძილი ფირფიტის სიგანეზე 10—12 მმ-ით ნაკლები უნდა იყოს. ეს პირობა აუცილებლად უნდა დავიცვათ იმისათვის, რომ ფირფიტაზე მივიღოთ სორბენტის თანაბარი სისქის ფენა.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული ანალიზის ჩატარებისათვის გარდა ზემოაღწერილი ფირფიტებისა, საჭიროა:

1) ქრომატოგრაფიული კამერები;

2) ფირფიტაზე საანალიზო ნაზავის დასატანი მიკროპიპეტები ან კაპილარები;

3) ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე ინდიკატორის შესასხურებელი ხელსაწყო (პულვერიზატორი).

## 1. ქრომატოგრაფიული კამერები

თხელფენოვან ქრომატოგრაფიისათვის დაახლოებით ისეთივე ფორმის კამერები გამოიყენება, როგორსაც ქაღალდის ქრომატოგრაფიაში ვიყენებთ, განსხვავება მათ შორის ძირითადად ზომებშია.

სორბენტის შემაგრებულ და შეუმაგრებელ ფენაზე ქრომატოგრაფირებისას გამოიყენება ურთიერთისაგან განსხვავებული ფორმის კამერები. თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიისათვის კამერების კლასიფიკაციას ანალიზს მეთოდის მიხედვით ახდენენ. მიღებულია ქრომატოგრაფიული კამერების შემდეგი კლასიფიკაცია: კამერები.

1. აღმავალი ქრომატოგრაფიისათვის,
2. დაღმავალი ქრომატოგრაფიისათვის,
3. ჰორიზონტალური ქრომატოგრაფიისათვის.

*აღმავალი ქრომატოგრაფიისათვის განკუთვნილი კამერები.* სორბენტის შემაგრებულ ფენიან ფირფიტაზე ქრომატოგრაფირებისას ქრომატოგრაფიულ კამერად შეიძლება გამოვიყენოთ ნებისმიერი ბრტყელძირიანი მინის ჭურჭელი, რომელიც შეესაბამება ქრომატოგრაფიული ფირფიტის ზომებს.

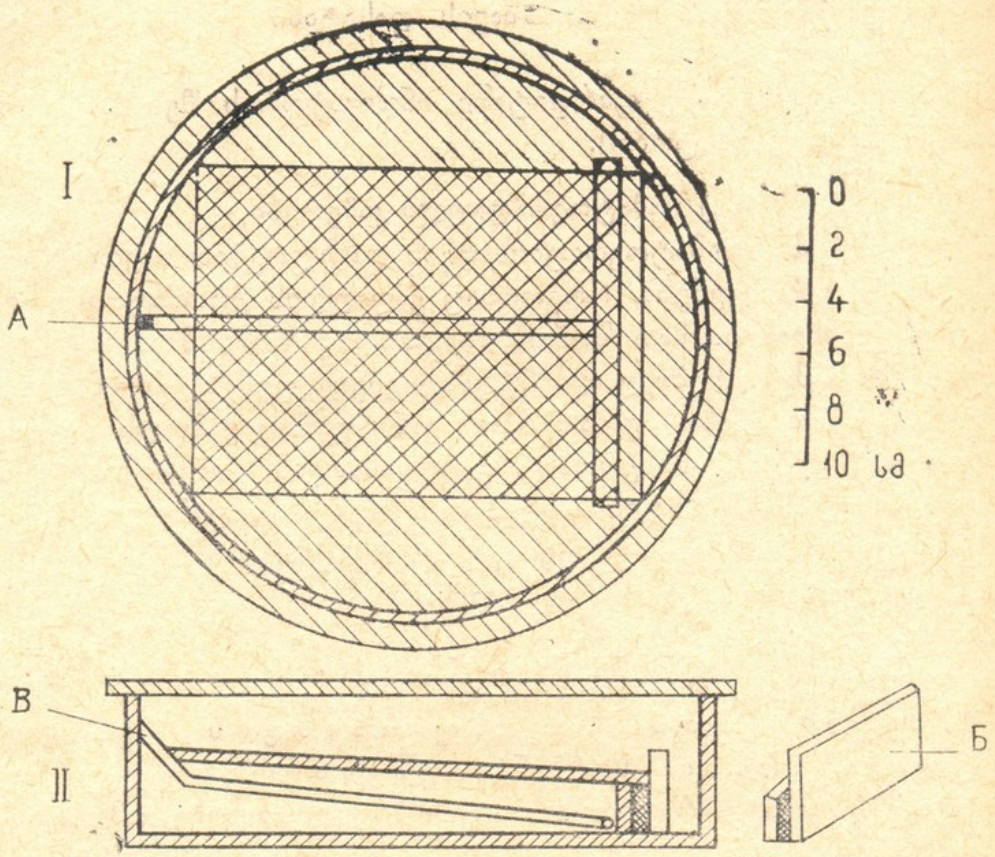
კამერაში ვასხამთ გამხსნელს ისეთი რაოდენობით, რომ მასში ჩაშვებულ ფირფიტას გამხსნელი 0,5 სმ სიმაღლეზე შემოადგეს. ფირფიტას ვერტიკალურად ვამაგრებთ მინის წკირიანი საყრდენის საშუალებით.

კამერის გამხსნელის ორთქლით გაჯერებისათვის შიგა კედელზე უნდა ავაკრათ ამავე გამხსნელით დასველებული ფილტრის ქაღალდი (ქაღალდი ჩაშვებულია გამხსნელში) და სახურავით ან მინის ფირფიტით ჰერმეტულად დავხუროთ.

*სორბენტის შეუმაგრებელ ფენიან ფირფიტაზე ქრომატოგრაფირებისას* კამერად შეიძლება გამოვიყენოთ მინის კრისტალიზატორი, რომელიც შეესაბამება ფირფიტის ზომებს.

ქრომატოგრაფიულ ფირფიტას, რომელზეც საანალიზო ნიმუშია დატანილი, ჩავუშვებთ გამხსნელში 1 — 1,5 სმ სიღრმეზე დაწვეთებული ბოლოთი, ფირფიტის თავს კი დავამაგრებთ მინის საყრდენით ისე, რომ კუთხის დახრილობა 10 — 15° იყოს. კრისტალიზატორი მიხეხილპირიანი მინის ფირფიტით უნდა დავხუროთ.

64-ე სურათზე ნაჩვენები ქრომატოგრაფიული კამერა შეუმაგრებელფენიან ფირფიტაზე აღმავალი ქრომატოგრაფიისათვის, არის 23 — 25 სმ დიამეტრისა და 6 — 7 სიმაღლის ჩვეულებრივ მინის კრისტალიზატორი.




სურ. 64. კამერა შეუმაგრებელფენიან ფირფიტაზე აღმავალი ქრომატოგრაფიისათვის: I—ზედხედი; II—გვერდხედი ჭრილში. A—T—მაგვარი მინის წკირი; Б—მინის საფენიანი მინის ფირფიტა

ფირფიტის საყრდენად ვიყენებთ T-ს მაგვარ მინის წკირს A, რომელიც ერთდროულად აკავებს ვერტიკალურ მდგომარეობაში ორ ერთმანეთთან მჭიდროდ მიდგმულ მინის ზოლს (2×13 და 1×13 სმ) მიხეხილი გვერდებით (Б). მინის ზოლებს ერთმანეთთან ნიქრომის მავთულით ვამაგრებთ. მათ შორის ვაყოლებთ ტელეფონის ან საფარი მინის ნაწილებს 0,3—0,4 მმ სიგანის ნაპრალის მისაღებად. B ფირფიტას ვდგამთ კამერაში (15 — 20° დახრილობით) ისე, რომ ერთი ბოლოთი იგი ჩამოედოს მინის ზოლების შვერილს, ხოლო მეორე ბოლოთი — მინის წკირს. კამერაში ვასხამთ გამხსნელს, რომელიც მინის ორი ფირფიტისაგან წარმოქმნილი კაპილარული ხვრელის საშუალებით აღწევს ფირფიტის ზედაპირამდე. კამერა უნდა დავხუროთ მიხეხილპირიანი მინის ფირფიტით.

15 — 20° დახრილობით მოთავსებული ფირფიტის ფენისათვის

ეროვნული ბიბლიოთეკა

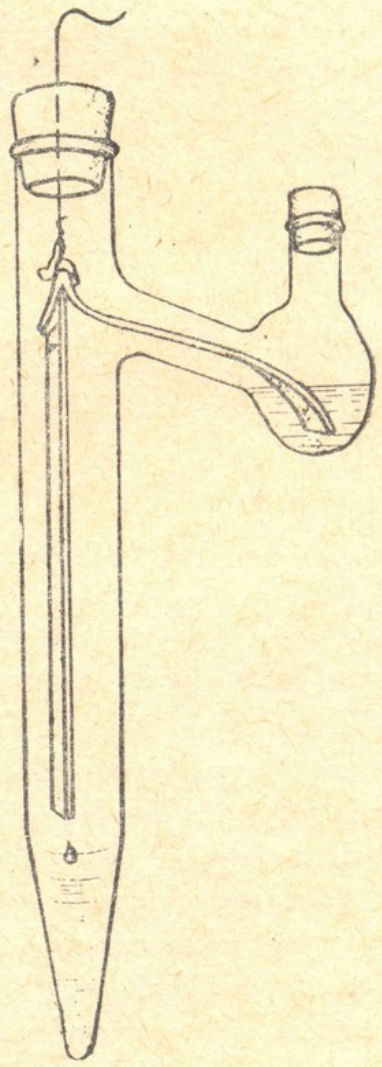
საშიში არ არის გამხსნელის მიერ დიდი მანძილის გავლა, ვინაიდან არ მოქმედებს *Rf*-ის სიდიდეზე, ამიტომ შეიძლება ვიხმარობთ 40 — 50 სმ სიგრძის ფირფიტები.

ამგვარი კამერის გამოყენებისას იხარჯება გამხსნელის მცირე რაოდენობა. 0,5 მმ სისქის ფენიანი, 13×18 სმ სიდიდის ფირფიტისათვის სულ საჭიროა 20 — 30 მლ გამხსნელი.

ზემოაღწერილი ხელსაწყო შეიძლება გამოვიყენოთ სორბენტის შემაგრებულფენიან ფირფიტაზე ქრომატოგრაფირების დროსაც.

## კამერები დაღმავალი ქრომატოგრაფიისათვის

65-ე სურათზე წარმოდგენილია კამერა სილიკაგელის შემაგრებულფენიან ფირფიტაზე დაღმავალი ქრომატოგრაფიისათვის. იგი არის მინის სინჯარა, რომელსაც გამხსნელისათვის გვერდიდან მირჩილული აქვს პატარა კოლბა. ფირფიტას გამხსნელი მიეწოდება მირჩილული კოლბიდან ქაღალდის ჩალიჩის (ზოლის) მეშვეობით.



სურ. 65. კამერა სილიკაგელის შემაგრებულფენიან ფირფიტაზე დაღმავალი ქრომატოგრაფიისათვის.

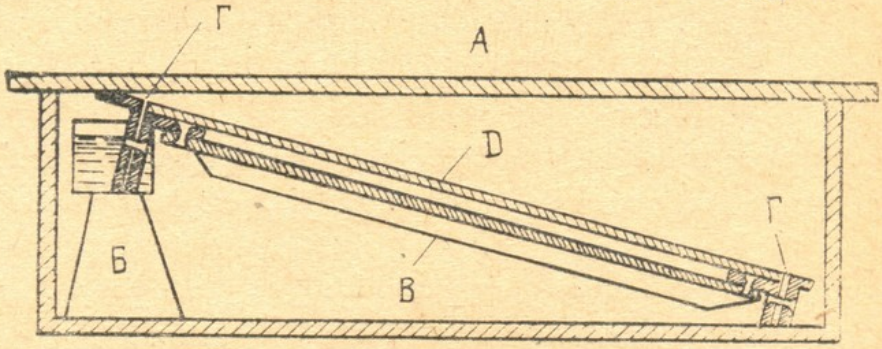
მოზრდილ ფირფიტებზე დაღმავალი მეთოდით ქრომატოგრაფირებისას ვხმარობთ კამერას, რომელსაც ისეთივე ფორმა აქვს, როგორიც ქაღალდის ქრომატოგრაფიაში. მინის კამერაში ვათავსებთ მინისა ან უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებულ საყრდენებს, რომლებზეც ჩამოვკიდებთ ქრომატოგრაფიულ ნავს გამხსნელისათვის.

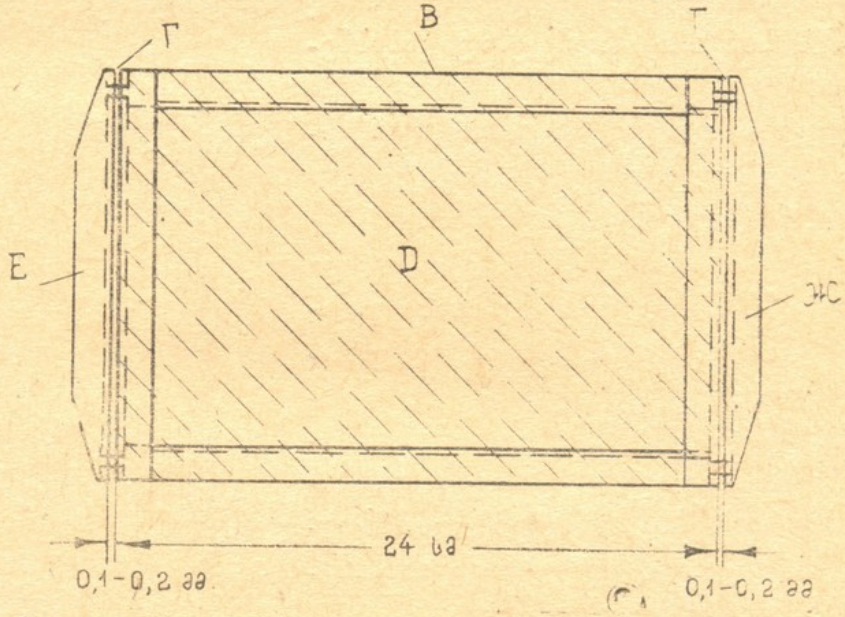
გვერდით ვამაგრებთ ვერტიკალურ დამჭერს — ფირფიტისათვის, რომელიც დამზადებულია დურალუმინისაგან. გამხსნელი ფირფიტას მიეწოდება ფილტრის ქაღალდის ზოლის დახმარებით, რომლის ერთი ბოლო ჩაშვებულია გამხსნელში, ხოლო მეორე მჭიდროდ ეხება სორბენტის ფენას.

სორბენტის შეუმაგრებელფენიან ფირფიტაზე დაღმავალი ქრომატოგრაფიის კამერა ნაჩვენებია 66-ე სურათზე.

34 სმ დიამეტრისა და 10 სმ სიმაღლის მიხეხილსახურავიან (*A*) მინის კრისტალი-

ზატორში ვათავსებთ უჟანგავი ფოლადის (24×3; 5×3 სმ) რეზერვუარს გამხსნელისათვის (Б), რომელიც 4 სმ სიმაღლის საყრდენებზეა დამაგრებული და დურალუმინისაგან დამზადებულ ჩარჩოს (В), რომელიც მინის ფირფიტის (24×24 სმ) საყრდენს წარმოადგენს.




სურ. 66. კამერა დაღმავალი ქრომატოგრაფიისათვის სორბენტის შეუმაგრებელფენიან ფირფიტაზე: А—კრისტალიზატორი; Б—გამხსნელის რეზერვუარი; В—ჩარჩო; Г—გამხსნელის მისაწოდებელი და გადმოსასხმელი ხვრეტი ფილტრის ქაღალდის ზოლებით; Е, Ж—თამასები.

რეზერვუარიდან გამხსნელი ფირფიტას მიეწოდება და ფირფიტიდან კამერაში ჩაეწვეთება ფილტრის ქაღალდის ზოლების დახმარებით, რომლებიც მოთავსებულია ზედა და ქვედა ხვრელებში (Г).

ქრომატოგრაფირება შემდეგი წესით ხორციელდება: 24×24 სმ სიდიდის მინის ფირფიტას ვათავსებთ В ჩარჩოზე. ზედა და ქვედა Е და Ж თამასებს ვამაგრებთ სორბენტის მოსალოდნელი ფენის სისქის სიმაღლეზე (ღრეჩო არ უნდა აღემატებოდეს 0,2—0,5 მმ-ს).

საანალიზო სინჯის ფირფიტაზე დატანის შემდეგ ფირფიტა ჩარჩოიანად გადაგვაქვს კამერაში, ზედა თავით ვათავსებთ გამხსნელიან

ეროვნული ბიბლიოთეკა

რეზერვუარში, ხოლო ქვედათი კამერის ფსკერზე. ქრომატოგრაფირება დაღმავალი წესით წარმოებს.

ზემოაღწერილი ხელსაწყო გამოსადეგია აგრეთვე სორბენტის შემაგრებულფენიან ფირფიტაზე ქრომატოგრაფირების დროსაც.

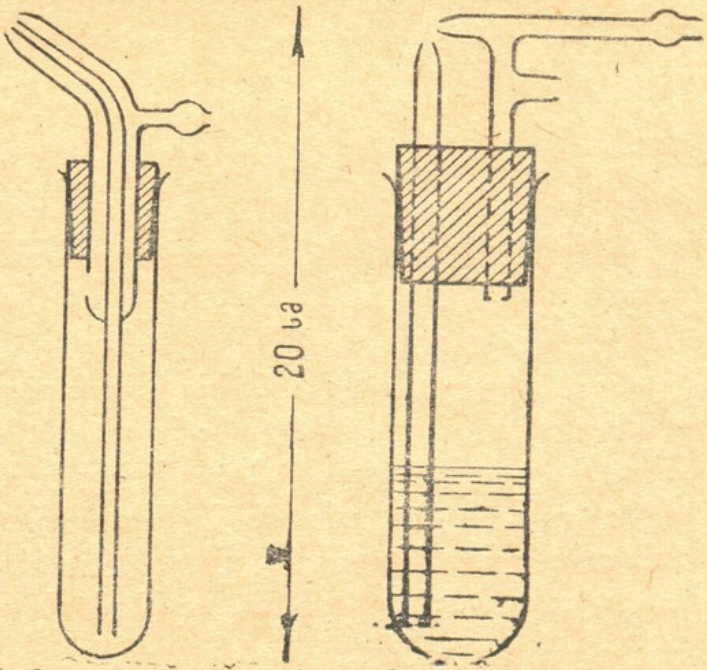
### 2. საანალიზო ნიმუშის დასატანი მოწყობილობანი

სორბენტის ფენით დაფარულ ფირფიტაზე საანალიზო ნიმუშის დასატანად უმთავრესად გამოყენებულია პიპეტი ან მინის კაპილარი. იმ შემთხვევაში, როცა საჭიროა ნიმუშის ზუსტი რაოდენობით დატანა, იხმარება მიკრომეტრული შპრიცი („აგლა", „ჰამილტონი" და სხვ.) 1 — 5 — 10 მკლ მოცულობის მიკროპიპეტები და „შანდონის" ფირმის დაკალიბრებული მილაკი.

ზოგიერთი ავტორის მიხედვით, პიპეტით ან მინის კაპილარით ნიმუშის ზუსტი რაოდენობის აღება და ფირფიტაზე დატანა დაკავშირებულია ცდომილებებთან, რაც დაახლოებით ± 6 — 20%-ის ფარგლებში მერყეობს [9]. განსაკუთრებით იზრდება დანაკარგი დაბალი დუღილის ტემპერატურის მქონე გამხსნელების გამოყენებისას. ამ გარემოებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება რაოდენობრივი ანალიზის დროს.

### 3. პულვერიზატორები

საანალიზო პრაქტიკაში ფირფიტის ფენაზე ნივთიერებათა ლაქების გამჟღავნება გავრცელებულია ისეთი რეაგენტის საშუალებით,



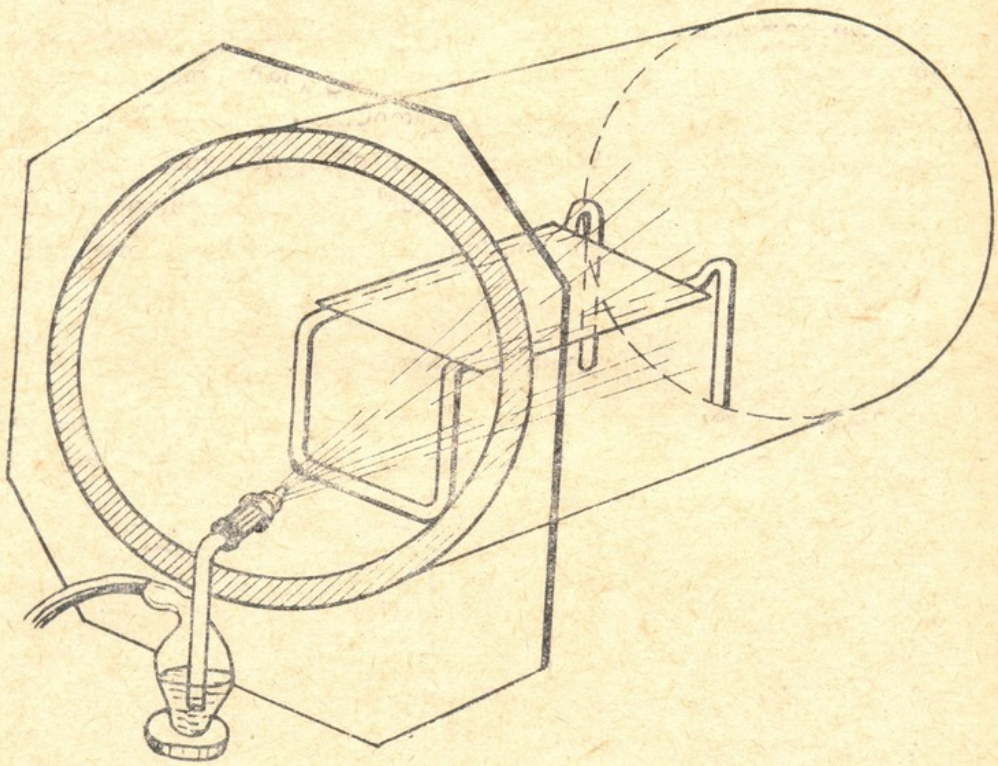

სურ. 67. ქრომატოგრაფიული ფირფიტის სულაასურებელი პულვერიზატორი.

რომელიც გასაყოფ ნივთიერებებთან ფერად რეაქციებს იძლევა. შესასხურებლად ქაღალდის ქრომატოგრაფიაში გამოყენებულია ჩვეულებრივი პულვერიზატორი (სურ. 67).

ეროვნული ბიბლიოთეკა

შესხურების პროცესში სიფრთხილის გამოჩენაა საჭირო, რადგან ინდიკატორის გაფრქვევისას ადგილი არ ჰქონდეს ქრომატოგრამაზე მსხვილი წვეთებით შესხურებას. ამ შემთხვევაში რეაგენტის დიდმა რაოდენობამ შეიძლება დააზიანოს სორბენტის ფენა.

შესხურების პროცესის განხორციელებისათვის იხმარება მინისაგან დამზადებული ისეთი ცილინდრული ფორმის ხელსაწყო, როგორც ეს 68-ე სურათზეა ნაჩვენები. ხელსაწყო 20 — 30 სმ დიამეტრისა და 40 — 60 სმ სიმაღლის კამერაა, რომელიც 15 — 20° დახრილობით არის დაყენებული. შესასხურებელ ფირფიტას კამერაში 10 სმ სიმაღლის საყრდენზე ვათავსებთ, რომელიც მზადდება მინის წკირისა და



სურ. 68. კამერა ქრომატოგრაფიული ფირფიტის შესხურებისათვის.

მინის ფირფიტისაგან. კამერა იხურება მინის სახურავით, რომელსაც შუაზე ხვრელი აქვს გაკეთებული. ხვრელში მოვათავსებთ პულვერიზატორის გასაშხეფებელ წვერს და გამამჟღავნებელ სითხეს საყრდენის ქვედა მხარეზე ვასხურებთ. კამერის შიგნით სივრცე გამამჟღავნებლის მდგრადი ორთქლით შეიბურება, რაც ქმნის ქრომატოგრამის გამჟღავნების იდეალურ შესაძლებლობას, სორბენტის ფენის დაუშლელად.

ზოგიერთ შემთხვევაში, შესხურების შემდეგ ლაქების კარგად გამომჟღავნების მიზნით, საჭიროა ქრომატოგრამის გახურება 80 — 100° C-მდე და უფრო მაღალ ტემპერატურაზეც კი.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ქრომატოგრაფიის სახეები

### მრავალჯერადი და საფეხურებიანი ქრომატოგრაფია

ერთჯერადი ქრომატოგრაფიის გარდა (როცა გამხსნელი მხოლოდ ერთხელ გაივლის ფირფიტის ზედაპირზე მოთავსებულ სორბენტზე), არსებობს ქრომატოგრაფირების კიდევ ორგვარი ხერხი: განმეორებითი ანუ მრავალჯერადი და საფეხურებიანი. მრავალჯერადი ქრომატოგრაფია გულისხმობს ერთსა და იგივე გამხსნელში ქრომატოგრაფირებას, ხოლო საფეხურებიანი — განმეორებით ქრომატოგრაფირებას სხვადასხვა გამხსნელში.

მრავალჯერადი ქრომატოგრაფია გამოიყენება ისეთი ნივთიერებების დაყოფის შემთხვევაში, რომელთაც *Rf*-ის დაბალი მაჩვენებელი ახასიათებს, ანდა რამდენიმე ნივთიერებას აქვს ერთმანეთთან მიახლოებული *Rf*-ის მაჩვენებელი.

მრავალჯერადი ქრომატოგრაფიის პრინციპი მდგომარეობს იმაში, რომ გამხსნელის მიერ ფირფიტის სორბენტიანი ფენის ერთხელ გავლის შემდეგ იგი უნდა გაშრეს და იმავე გამხსნელით ხელახლა გატარდეს მის ზედაპირზე. ამ ხერხის გამოყენებისას ქრომატოგრამაზე ლაქები უფრო მკვეთრი და ნათლად გამოხატულია.

მრავალჯერადი ქრომატოგრაფიის გამოყენების შემთხვევაში გამხსნელის *n*-ჯერ გაშვებისას *Rf* უნდა ვიანგარიშოთ შემდეგი ფორმულით:

$$Rf' = 1 - (1 - Rf)^n.$$

საფეხურებიანი ქრომატოგრაფია გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა საანალიზო ნაზავის კომპონენტები ერთი გამხსნელის გამოყენებისას არასაკმაოდ იყოფა.

სხვადასხვა გამხსნელის გამოყენებისას მხედველობაშია მისაღები ის, რომ პირველად უნდა გამოვიყენოთ ნაკლებ პოლარულ გამხსნელთა სისტემა. გამხსნელი პირველად ფირფიტის ბოლომდე უნდა გადაადგილდეს და გაშრეს მისი სრული მოცილების მიზნით, რის შემდეგ ქრომატოგრამა უნდა მოთავსდეს მეორე გამხსნელში იმ ვარაუდით, რომ მან პირველ გამხსნელზე ნაკლები მანძილი გაიაროს.

იმ შემთხვევაში, თუკი საჭირო გახდა მესამე გამხსნელის ხმარება, ფირფიტას 180°-ით მოვატრიალებთ და სორბენტის ფენაზე გამხსნელი პირველი ორი გამხსნელის მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით იმოძრავებს.

## ორმხრივი ქრომატოგრაფია

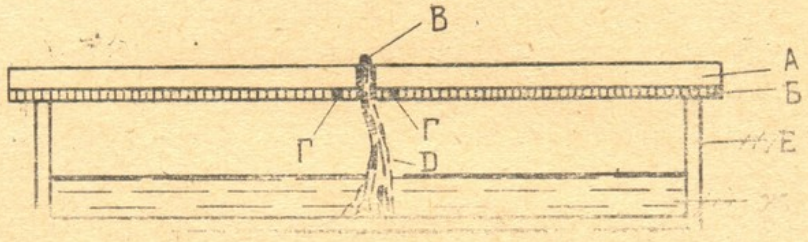
ორმხრივი ქრომატოგრაფია ეწოდება ქრომატოგრაფირებას ისეთ ხერხს, როცა გამხსნელი მეორედ გატარებისას გაივლის ადრე განვლილი მიმართულების პერპენდიკულარულად. ორმხრივი ქრომატოგრაფიისას უმეტესად გამოყენებულია 20×20 სმ ზომის ფირფიტები.

ქრომატოგრაფირება შემდეგი თანმიმდევრობით ხორციელდება: ფირფიტის დიაგონალზე კუთხიდან 1 — 2 სმ-ის დაშორებით დაგვაქვს საანალიზო ნაზავის სინჯი. ერთი მიმართულებით გამხსნელის გატარების შემდეგ მოხდება კომპონენტთა ნაწილობრივი დაყოფა. ფირფიტას გავაშრობთ გამხსნელის სრული მოცილების მიზნით და მეორედ გამხსნელს პირველის პერპენდიკულარული მიმართულებით გავატარებთ. ამ დროს იყოფა ის ნივთიერებები, რომლებიც გამხსნელის პირველი გატარებისას არ იყოფოდა.

ორმხრივი ქრომატოგრაფია კარგ შედეგებს იძლევა მრავალკომპონენტიანი ნაზავების დაყოფის დროს.

## რადიალური ქრომატოგრაფია

69-ე სურათზე ნაჩვენებია რადიალური ქრომატოგრაფიის ხელსაწყო, რომელიც არის მინის კრისტალიზატორი (D).




სურ. 69. რადიალური ქრომატოგრაფიის ხელსაწყო: A—მინის ფირფიტა; Б—სორბენტის თხელი ფენა; B—ბამბის ჩალიჩის დასამაგრებელი ხვრელი; Г—ნიმუშის დატანის ადგილი; D—ბამბის ჩალიჩი; E—მინის კრისტალიზატორი; Ж—გამხსნელი.

მინის ფირფიტას ჰორიზონტალურად ვათავსებთ კრისტალიზატორზე იმგვარად, რომ სორბენტის ფენა ქვემოთ, გამხსნელისკენ იყოს მოქცეული. საანალიზო სინჯი ფირფიტის ცენტრში წრიულად დაგვაქვს.

გამხსნელი სორბენტის ფენაზე მიეწოდება ფირფიტის ცენტრიდან ჩალიჩის დახმარებით (Г).

## მათიასის მეთოდი

ქრომატოგრაფირების მათიასის მეთოდი ადრე მხოლოდ ქაღალდის ქრომატოგრაფიაში გამოიყენებოდა, ამ ბოლო დროს კი თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაშიც დამკვიდრდა.

მათიასის წესით ფირფიტის მომზადებისას სორბენტის ფენიდან

ექვსკუთხედის შიგნით უნდა მოვხსნათ სორბენტი, როგორც მე-6 სურათზეა ნაჩვენები. საანალიზო სინჯს დავიტანთ ფენის ვიწრო ყელში (8 მმ). უხეში ფრაქციონირების შემდეგ კომპონენტები ქრომატოგრამის ფართო ნაწილში ხვდებიან და იყოფიან ვიწრო, განივ ზონებად.

მათიასის მეთოდი გამოიყენება ისეთი ნაზავის გასაყოფად, რომელთა კომპონენტების Rf-ის სიდიდე ერთმანეთთან ახლოსაა. დასახელებული მეთოდი კარგ შედეგებს იძლევა აგრეთვე შედარებით დიდი რაოდენობის სინჯის ანალიზისას.

მათიასის მეთოდი შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც აღმავალ, ისე დაღმავალ ქრომატოგრაფიაში.

### საკვლევი ნიმუშის დატანა ფირფიტაზე

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის საშუალებით ორგანულ ნაერთთა ეფექტური დაყოფისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე დატანილ საანალიზო ნიმუშის რაოდენობას. ნიმუშის დიდი რაოდენობით დატანის შემთხვევაში კომპონენტთა *Rf*-ის სიდიდე მცირდება, ზოგჯერ კი ლაქები ერთმანეთში გადადის და ნათელი სურათის მიღება ძნელდება. ნიმუშის მცირე რაოდენობით დატანის შემთხვევაში კი ლაქები სუსტი შეფერვისა გამოდის, ანდა სრულებით არ ჩანს ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე. ამდენად დასატანი საკვლევი ნიმუშის რაოდენობის შერჩევას დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს. ეფექტური შედეგების მიღწევა ხორციელდება იმ შემთხვევაში, თუკი გამამჟღავნებლის მგრძნობიარობა წინასწარ ცნობილია და დასატანი ნიმუშის რაოდენობა დაზუსტებული, რაც პრაქტიკულად ხორციელდება ფირფიტაზე ნაზავის სხვადასხვა რაოდენობის (0,03 — 10 მკგ, 1 — 10 მკგ) დატანითა და ქრომატოგრაფირებით [50, 53]. ნიმუშის ფირფიტაზე დატანისათვის უნდა გადავზომოთ 1,5 სმ მანძილი ფირფიტის ერთი ბოლოდან და აღვნიშნოთ სასტარტო ხაზი.

სასტარტო ხაზი სორბენტისფენიან ფირფიტაზე სხვადასხვა ხერხით შეიძლება აღვნიშნოთ. ერთ-ერთი მარტივი ხერხი შემდეგში მდგომარეობს: გამოვჭრით მინის ფირფიტის ზომის თეთრ ქაღალდს, ბოლოდან 2 სმ-ის დაშორებით გავავლებთ მკვეთრად გამოხატულ, შავი ფერის ხაზს და ქაღალდზე მინის ფირფიტას სორბენტის ფენის საპირისპირო მხრიდან მოვათავსებთ. უკეთუ სორბენტის ფენაზე შავი ხაზის სილუეტი ვერ შევამჩნევთ, მაშინ უმჯობესია ქაღალდი ფირფიტიანად სინათლის წყაროს თავზე მოვათავსოთ და შავი ხაზის ანარეკლზე დავიტანოთ საანალიზო ნიმუში.

ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე ნიმუში უნდა დავიტანოთ იმდენად ფრთხილად, რომ პიპეტის წვერმა არ დააზიანოს სორბენტის ფენის ზედაპირი. დატანილ წერტილებს შორის მანძილი უნდა იყოს არა უმცირეს 1 სმ-ისა.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

სორბენტის შერჩევისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს გასაყოფი ნივთიერებების ბუნებას. უპირველეს ყოვლისა, ყურადღება უნდა მიექცეს შემდეგ ფაქტორებს: ა) დადგინდეს კომპონენტთა ხსნადობის უნარი — ჰიდროფილური (წყალში ხსნადი) თუ ჰიდროფობულია (ცხიმში ხსნადია) ესა თუ ის გასაყოფი ნივთიერება, რაც ძირითადად განისაზღვრება ფუნქციონალური ჯგუფების შემადგენლობითა და ბუნებით; ბ) განისაზღვროს — მჟავე, ტუტე თუ ნეიტრალური ბუნებისაა დასაყოფი ნივთიერება; გ) შემოწმდეს — გააჩნია თუ არა კომპონენტს სორბენტთან ან გამხსნელთან ქიმიური ურთიერთმოქმედების უნარი, ანდა ხომ არ ექნება ადგილი ნივთიერების ქიმიურ ცვლილებებს სორბენტისა ან შემაკავშირებელი აგენტის ზემოქმედების შედეგად.

ზემოაღნიშნული პირობების გათვალისწინების საფუძველზე, თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაში ძირითადად გავრცელებულია სამი სორბენტი: სილიკაგელი, ალუმინის ჟანგი და კიზელგური („Merck" ფირმა, დარმშტადტი).

სილიკაგელის ფენა მაღალაქტიური, მჟავე რეაქციის მქონეა და მკვეთრად ეკვრის ფირფიტის ზედაპირს. იგი ხელსაყრელია არც თუ მეტად ჰიდროფილური, ნეიტრალური და მჟავე რეაქციის მქონე ნივთიერებების გასაყოფად. თუ კი შესაფერის გამხსნელს შევარჩევთ, ამ ფენაზე შეიძლება გაიყოს ფუძე ნაერთებიც (მაგალითად, ალკალოიდები).

ალუმინის ჟანგის ფენა აქტიური, სუსტფუძე რეაქციისაა და მკვეთრად ეკვრის ფირფიტის ზედაპირს. იგი ძირითადად გამოსადეგია ნეიტრალური და ფუძე ნაერთთა გასაყოფად. შესაფერისი გამხსნელის შერჩევით, შრობითა თუ სპეციალურ კომპონენტთა დამატებით შეიძლება ამ სორბენტის თვისებებიც ვცვალოთ.

კიზელგური .პრაქტიკულად არააქტიური, ნეიტრალური სორბენტის ფენას იძლევა, რომელიც მკვრივად ეკვრის ფირფიტის ზედაპირს. იგი განკუთვნილია უპირატესად ძლიერ ჰიდროფილური ნაერთებისა და ამფოტერული იონების გასაყოფად.

სილიკაგელისა და ალუმინის ჟანგის აქტიურობა უპირველეს ყოვლისა დამოკიდებულია მარცვლების აქტიურ ზედაპირზე, მაშასადამე, მარცვლოვანობაზე და ფორების დიამეტრზე. სორბენტის გასაყოფ თვისებებზე შეიძლება გავლენა იქონიოს შემაკავშირებელმა აგენტმა.

მოგვყავს თაბაშირდაუმატებელი და თაბაშირდამატებულ სორბენტთა დახასიათება:

ეროვნული ბიბლიოთეკა

1. თ ა ბ ა შ ი რ დ ა უ მ ა ტ ე ბ ე ლ ი

MN-300 — ჩვეულებრივი ცელულოზა;
MN-300 Ac — აცეტილირებული ცელულოზა (10%-მდე);
MN-300 CM — კარბოქსიმეთილცელულოზა;
MN-300 P — ფოსფორილირებული ცელულოზა;
MN-300 DEAE — დიეთილამინოეთილცელულოზა;
MN-300 ECTEOLA — ანიონმცვლელი.

2. თ ა ბ ა შ ი რ დ ა მ ა ტ ე ბ უ ლ ი

MN-300 G — ჩვეულებრივი ცელულოზა;
MN-300 G/Ac — აცეტილირებული ცელულოზა (10%-მდე);
MN-300 G/CM — —„—
MN-300 G/P — —„—
MN-300 G/DEAE — —„—
MN-300 G/ECTEOLA — —„—

გამხსნელის შერჩევის გარდა (მჟავე ან ფუძე არის შექმნის მიზნით) შეიძლება სორბენტის აქტივაცია როგორც ჰაერზე, ისე საშრობ კარადაში და სპეციალური კომპონენტების დამატება [17].

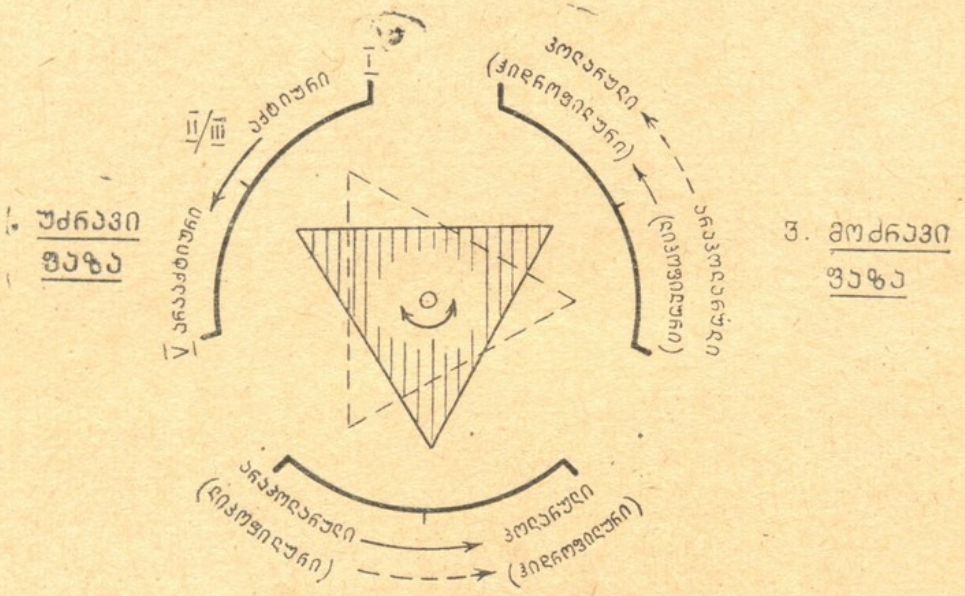
მე-12 ცხრილში მოცემულია სორბენტების დახასიათება დასაყოფ ნივთიერებათა ცალკეული კლასების მიხედვით.

ცხ რ ი ლ ი 12

**თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაში გამოყენებული სორბენტების დახასიათება**

| სორბენტები | თვისებები | | ნივთიერებათა დასაყოფი კლასები |
|---|---|---|---|
| | მჟავიანობა | აქტიურობა | |
| სილიკაგელი | მჟავე | აქტიური | პრაქტიკულად ყველა |
| ალუმინის ჟანგი | ფუძე | აქტიური | ძირითადად ფუძეები+სტეროიდები |
| კიზელგური | ნეიტრალური | არააქტიური | შაქრები, სამკურნლო ნივთიერებანი, ტრიგლიცერიდები, უმაღლესი ცხიმოვანი მჟავები |
| სილიკაგელი+ალუმინის ჟანგი (1+1) | მჟავე+ფუძე | აქტიური | საღებავი ნივთიერებანი, ბარბიტურმჟავები |
| ნახშირი | — | აქტიური | არაპოლარული ნივთიერებები |
| ცელულოზის ფხვნილი | პრაქტიკულად ნეიტრალური | არააქტიური | საღებავი ნივთიერებები ამინომჟავები |
| პოლიამიდი | ნეიტრალური | არააქტიური | ფლავონები |
| პოლიაკრილ-ნიტრილი | ნეიტრალური | არააქტიური | ანტოციანები და სხვ. |

ქრომატოგრაფირების პირობების შერჩევისათვის მეტად ეფექტური და მარტივი საშუალებაა ე. შტალის მიერ შემოთავაზებული სქემა (სურ. 70). რომელზეც მოცემულია ქრომატოგრაფიული პროცესის 3 ძირითადი პარამეტრის — სორბენტის, გასაყოფი ნივთიერებისა და გამხსნელის ურთიერთდამოკიდებულების სქემა ადსორბციული ქრომატოგრაფიის მაგალითზე [17].




სურ. 70. ქრომატოგრაფიული პროცესის სამი ძირითადი პარამეტრის ურთიერთდამოკიდებულების სქემა.

დაშტრიხული სამკუთხედი ცენტრის გარშემო მოძრაობს, ხოლო სამკუთხედის წვერები გვიჩვენებენ შესარჩევ პარამეტრებს. მაგალითად, თუ გვაქვს ლიპიდების ნაზავი, მაშინ სამკუთხედის წვერი უნდა დავაყენოთ „გასაყოფი ნაზავის“ უბანზე („ლიპოფილური“). მაშინ ორი დანარჩენი წვერი სამკუთხედისა გვიჩვენებს, რომ ამ შემთხვევაში საჭიროა ავიღოთ არაპოლარული გამხსნელი და აქტიური სორბენტი. პოლარულ ნაერთთა გაყოფისას სამკუთხედის წვერები გვიჩვენებენ, რომ უნდა გამოვიყენოთ ჰიდროფილური გამხსნელი და სუსტი აქტიობის მქონე ადსორბენტი.

მაძღარი ნახშირწყალბადები ან არ ადსორბირდებიან, ან ადსორბირდებიან ძალიან სუსტად, ამიტომ ისინი სორბენტის ფენაზე სწრაფად მოძრაობენ. უჯერი ნახშირწყალბადები მით უფრო ძლიერ ადსორბირდებიან, რაც მეტია მათში ორმაგი კავშირები (ამასთანავე, შეუღლებული კავშირები). ამ შემთხვევაში უნდა გამოვიყენოთ შედარებით აქტიური სორბენტი და ნაკლებპოლარული გამხსნელი.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ე ბ ი შეიძლება დალაგდეს ე. წ. ელდუოტროპულ

რიგში [63] მათი მაელდუირებელი მოქმედების მიხედვით. აქ ადგილი აქვს პირდაპირ დამოკიდებულებას პოლარულობასა და მაელდუირებელ მოქმედებას შორის. ამოსავალ წერტილად გამოყენებულია დიელექტრიკული შეღწევადობის სიდიდე, რომელიც მე-13 ცხრილშია მოცემული.

ცხრილი 13

**გამხსნელთა ელდუოტროპული რიგი**

| გამხსნელი | დუღილის ტემპერატურა (ვერცხლის წყ. სვეტის 760 მმ) °C | დიელექტრიკული შეღწევადობა ε (20°) |
|---|---|---|
| ნ- ჰექსანი | 68,7 | 1,890 |
| ჰეპტანი | 98,4 | 1,924 |
| ციკლოჰექსანი | 81,4 | 2,023 |
| ოთხქლორიანი ნახშირბადი | 76,8 | 2,238 |
| ბენზოლი | 80,1 | 2,284 |
| ქლოროფორმი | 61,3 | 4,806 |
| დიეთილეთერი | 34,6 | 4,34 |
| ეთილაცეტატი | 115,3 | 6,02* |
| პირიდინი | 115,3 | 12,3* |
| აცეტონი | 56,5 | 20,7* |
| ეთანოლი | 78,5 | 24,30* |
| მეთანოლი | 64,6 | 33,62 |
| წყალი | 100 | 80,37 |

* 25° c-ზე

**სორბენტის შენახვა**

ცნობილია, რომ სილიკაგელი ჰაერიდან ინტენსიურად შთანთქავს ტენს, ამიტომ მას ჰერმეტულად თავდახურულ მინის ჭურჭელში უნდა ვინახავდეთ.

სორბენტის ფენები წინასწარ უნდა გავაშროთ ჰაერზე, შემდეგ კი გავააქტიუროთ მაღალ ტემპერატურაზე. უკეთუ სორბენტის ფენა ჰაერზე წინასწარ არ გავაშრეთ, 100°C-ზე აქტივირების შემთხვევაში მისი ზედაპირი დასკდება. თუ სორბენტის აქტივირება 125°C-ზე ზევით ხანგრძლივი დროით მიმდინარეობს, მაშინ თაბაშირი (შემაკავშირებელი აგენტი) ზედმეტად დაკარგავს ტენს და მისი შემაკავშირებელი უნარი შემცირდება.

საზოგადოდ სორბენტის აქტიური ფენები უნდა დავიცვათ ლაბორატორიაში არსებული აირებისა და ტენისაგან, წინააღმდეგ შემთხვევაში ისინი თანდათან დაკარგავენ აქტივობას.

გამხსნელი და გამხსნელთა სისტემა ჰერმეტულად თავდახურულ მინის ჭურჭელში უნდა შევინახოთ, რათა თავიდან ავიცილოთ აორთქლება. სასურველია, გამხსნელთა ნაზავი უშუალოდ ანალიზის წინ მოვამზადოთ.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ქრომატოგრამაზე საკვლევ კომპონენტთა აღმოჩენის მიზნით საანალიზო პრაქტიკაში გავრცელებულია ოპტიკური და ქიმიური მეთოდები.

იმ შემთხვევაში, როცა ლაქები ქრომატოგრამაზე უფერულია, მიმართავენ ოპტიკურ მეთოდებს, რაც ემყარება ნაერთთა ოპტიკურ თვისებებს: სხივის შთანთქმასა და ფლუორესცენციას.

იმ ნაერთთა აღმოჩენისათვის, რომელნიც შთაინთქმებიან სპექტრის ულტრაიისფერ არეში, იყენებენ ფლუორესცირებულ ნაერთთა შემცველ სორბენტის ფენებს. ზოგჯერ ფირფიტას, ნაზავის გაყოფის შემდეგ, ასხურებენ მაფლუორესცირებელ ნივთიერების ხსნარით.

ულტრაიისფერ არეში ფირფიტის მოთავსებისას იმ ნივთიერების შესაბამისი ლაქა, რომელიც შთაინთქმება იმ არეში, ფირფიტაზე ჩამუქებულ ზონად გამოჩნდება.

მრავალ ნივთიერებას ულტრაიისფერ არეში ფლუორესცირების უნარი ახასიათებს. ამ დროს ლაქები ქრომატოგრამაზე სხვადასხვა შეფერვის გამოჩნდება.

ულტრაიისფერ არეში ფლუორესცირებულ ანდა შთანთქმული ნივთიერებების აღმოჩენისათვის გამოყენებულია ისეთი ხელსაწყოები, როგორიცაა: ულტრახემისკოპი УИ-1, რომელიც მაქსიმალურ გამოსხივებას 254 НМ-ის არეში იძლევა, აგრეთვე მაგიდის ულტრაიისფერი გამანათებელი КП 1Н, რომელსაც გამოსხივების მაქსიმუმი 365 НМ-ზე აქვს.

ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე კომპონენტთა შესაბამისი ლაქების აღმოჩენისათვის ქიმიურ მეთოდებს იყენებენ მაშინ, როცა არ არის ოპტიკური მეთოდების გამოყენების შესაძლებლობა.

თხელფენოვან ქრომატოგრაფიაში გამამჟღავნებლად გამოიყენება მრავალი ის რეაგენტი, რომელსაც ხმარობენ ქაღალდის ქრომატოგრაფიაში.

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის ერთ-ერთ უპირატესობად, გამამჟღავნებლებთან დაკავშირებით, ითვლება ის, რომ ჩვენ საქმე გვაქვს არაორგანულ ნაერთთა ფენებთან — სილიკაგელი — თაბაშირი, ალუმინის ჟანგი — თაბაშირი და სხვა, რომლებზედაც თითქმის ყველა ნაერთი შეიძლება აღმოვაჩინოთ ისეთი აგრესიული გამამჟღავნებლების ხმარების შედეგად, როგორიცაა კონცენტრული გოგირდმჟავა, ან გოგირდმჟავას და აზოტმჟავას ნაზავი, კონცენტრული ფოსფორმჟავა და სხვა.

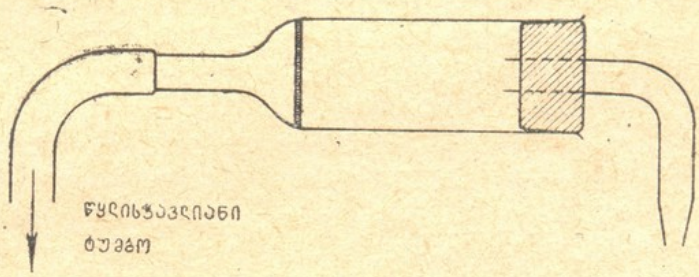
ეროვნული ბიბლიოთეკა

## საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა პრეპარატული დაყოფა

საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა სორბენტის შემაგრებულ-ფენიან ფირფიტაზე პრეპარატული დაყოფისას საანალიზო პრაქტიკა-ში გამოყენებულია ფლუორესცირებული ფენები. ულტრაიისფერ არეში ლაქების აღმოჩენისას მათ ზუსტად შემოხაზავენ, შემდეგ ამოფხეკენ ფირფიტიდან და სორბენტიდან კომპონენტს შესაბამისი გამხსნელით გამოწვლილავენ. ამ პროცესის (ქრომატოგრაფირების) რამდენჯერმე გამეორების გზით მიღებულ გამონაწვლილებს ერთად აგროვებენ.

ნაერთთა პრეპარატული დაყოფა შესაძლებელია განხორციელდეს სორბენტის შეუმაგრებელ ფენიან ფირფიტაზე ქრომატოგრაფირების დროსაც.

განსაკუთრებით მოსახერხებელია პრეპარატული დაყოფის ჩატა-რება 0,1-დან 0,5 გ-მდე და უფრო მეტი რაოდენობის ნივთიერებათა შემცველი ნაზავისა, როგორც ალუმინის ჟანგის, ისე სილიკაგელის შეუმაგრებელფენიან ფირფიტაზე. ამ შემთხვევაში ფირფიტის ზომები სხვადასხვაა. ხშირად გამოიყენება 20 — 40 სმ სიგანისა და 70 სმ სი-გრძის ფირფიტა. ფენის სისქე 1,5—3 მმ-ს აღწევს. საანალიზო სინჯს




სურ 71. ფირფიტის ზედაპირიდან სორბენტის ფენის მოსაცილებელი მოწყობილობა.

გახსნიან შესაბამის გამხსნელში და მთლიანი ზოლის სახით დააქვთ ფირფიტაზე. იმ მიზნით, რომ ნაზავი უფრო კარგად გაჯდეს სორ-ბენტის ფენაში, მას სუფთა გამხსნელით გაჟღენთავენ. გამხსნელი აორთქლდება, ხოლო ნაზავი შესათვირის სისტემაში დაიყოფა.

მთელი რიგი ნივთიერებები შეიძლება აღმოვაჩინოთ ფირფიტის იოდის ორთქლით დამუშავებით და შემდეგში ულტრაიისფერ არეში დათვალიერებით [13].

ფირფიტის იოდის ორთქლით დამუშავება შემდეგნაირად ტარდე-ბა: ფოროვან ფილტრიან ძაბრში ათავსებენ იოდის კრისტალებს, ძაბრს დაახურავენ საცობს, რომელშიც მოთავსებულია მილი. მილის საშუალებით ძაბრში ფრთხილად ატარებენ ჰაერის ნაკადს. ამასთანა-

ვე, ძაბრის ბოლო ნაწილს შემოატარებენ სორბენტის ფენის თავზე ფირფიტის ორივე მხრიდან. შეფარდებულ ადგილებს აღნიშნავენ ორივე მხარეს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

სორბენტის ფენის მოხსნა ფირფიტიდან ხორციელდება უბრალო მოწყობილობის საშუალებით (სურ. 71).

ფოროვან ფილტრიანი ძაბრის (№ 3 — 4) საცობში ატარებენ მინის მოხრილ მილს. ფილტრის ქვედა ბოლოს უერთებენ წყლის ნაკადიან ტუმბოს. სორბენტის ფენა ნივთიერებითურთ შეიწოვება ფირფიტის ზედაპირიდან ტუმბოს მიერ შექმნილი ვაკუუმის საშუალებით. ძაბრში მოხვედრილ სორბენტის მასიდან კომპონენტი გამოირეცხება შესაბამისი გამხსნელით, რომელსაც შემდგომ გამოხდით მოვაცილებთ.

## სპეციალური ნაწილი

## ყურძნის პროდუქტთა ანალიზი თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდით

უკანასკნელი წლების მანძილზე რთულ ორგანულ ნივთიერებათა დაყოფის თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდი ყურძნის პროდუქტთა საანალიზო პრაქტიკაში შევიდა როგორც მეტად ეფექტური და პერსპექტული საშუალება. ეს მეთოდი ქაღალდის ქრომატოგრაფიასთან შედარებით მთელი რიგი უპირატესობით გამოირჩევა. მისი განხორციელება ბევრად (10—20-ჯერ) ნაკლებ დროს მოითხოვს, ხოლო სორბენტის ფენის წვრილმარცვლოვანება (400 მეშ-ამდე) ხელს უწყობს ამ მეთოდის ფართო გამოყენებას. თაელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდი მაღალი მგრძნობიარობით გამოირჩევა.

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია, ქაღალდისა და გაზურ-სითხურ ქრომატოგრაფიებთან შედარებით, ენოქიმიაში, კვლევის ახალი დარგია, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ამ მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა მეღვინეობაში საკმაოდ ფართოა. თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია გამოყენებულია ისეთი ნივთიერებების თვისებრივი თუ რაოდენობრივი ანალიზისათვის, როგორიცაა: ორგანული მჟავები, მთრიმლავი ნივთიერებები, სპირტების ეთერზეთები, ალიფატური ალდეჰიდები, სორბინმჟავა და სხვ. [3, 7, 10, 11, 13, 15, 16, 21, 27, 29, 30, 32, 39, 40, 41 და სხვა].

### ორგანული მჟავების განსაზღვრა ყურძნის წვენსა და ღვინოში [19]

(მ. ბურზეისა და სხვების მიხედვით)

*მეთოდის პრინციპი.* მეთოდი ითვალისწინებს: 1. თეთრი ღვინის ყოველგვარი დამუშავების გარეშე დატანას სორბენტის ფენაზე. 2. თეთრი ან წითელი ყურძნის წვენის წყლით გაზავებას. 3. წითელი ღვინის გააქტივებული ნახშირით დამუშავებას ანტოციანების მოცილების მიზნით და ამგვარად მომზადებული ნიმუშის დატანას ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

საჭირო რეაქტივები: 1. გააქტივებული ნახშირი; 2. ნ-ბუთილის სპირტი; 3. ჭიანჭველმჟავა; 4. არაბინოზის წყლიანი ხსნარი (20 მლ წყალში გახსნილი 2 გ არაბინოზა; 5. ანილინის სპირტხსნარი (20 მლ ეთილის სპირტში გახსნილი 2 მლ ანილინი); 6. გამოხდილი ბუთანოლი (მჟავათა მინარევების მოცილების მიზნით 30 გ ნატრიუმს ვათავსებთ 1 ლ ნ-ბუთანოლში, ვანჯღრევთ ორი საათის განმავლობაში და ვხდით).

საანალიზო ნიმუშის მომზადება. თეთრი ღვინო 20 მკლ რაოდენობით ყოველგვარი დამუშავების გარეშე დაგვაქვს ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე. თეთრ ან წითელ ყურძნის წვენს წინასწარ ვაზავებთ წყლით (1 ნაწილი ყურძნის წვენი : 3 ნაწილი წყალი) და დაგვაქვს ფირფიტაზე. წითელი ღვინოს კი ანტოციანების მოცილების მიზნით, წინასწარ ვამუშავებთ გააქტივებული ნახშირით, ვინაიდან ისინი ცელულოზის ფენაზე ღვინომჟავასთან ერთად ქრომატოგრამაზე გაუყოფელ ლაქის სახით ჩნდებიან. - ამ მიზნით 10 მლ ღვინოს ვამატებთ 250 მგ გააქტივებულ ნახშირს. გაცხელების და ნალექის გამოყოფის შემდეგ გაუფერულებულ ღვინოს ვიყენებთ სორბენტის ფენაზე დასატანად.

ქრომატოგრაფიული ფირფიტის მომზადება. Macherey-ისა და Nagel-ის ფირმის MN 300 მარკის ცელულოზისაგან ვამზადებთ სორბციულ მასას (გვ. 221), რომლითაც ვფარავთ 200×200 მმ ზომის გასუფთავებულ მინის ფირფიტას 0,75 მმ თანაბარი სისქის ფენით.

გამხსნელში მოთავსების წინ სორბენტის ფენა უნდა გავჟღინთოთ წყლის ორთქლით. ამ მიზნით კამერის ფსკერზე ვათავსებთ 70°C ტემპერატურის მქონე წყლიან ჭურჭელს (25 მლ-მდე მოცულობის). ფირფიტას კამერაში იმგვარად ვათავსებთ, რომ სორბენტის ზედაპირი წყლიანი ჭურჭლისაკენ იყოს მიქცეული). კამერას თავზე სახურავს ვაფარებთ და ვტოვებთ ორი საათით. ამ დროის გასვლის შემდეგ კამერის ფსკერზე ვასხამთ გამხსნელს, ვდგამთ მასში ქრომატოგრაფიულ ფირფიტას და სახურავს ჰერმეტულად ვხურავთ.

გამხსნელად ვიყენებთ ნ-ბუთანოლის, ჭიანჭველმჟავისა და წყლის ნაზავის (4:2:5 შეფარდებით) ზედა ფენას.

ქრომატოგრამას კამერიდან ვიღებთ მაშინ, როცა გამხსნელის ფრონტის ხაზი 2 სმ-ით მიუახლოვდება ფირფიტის ზედა ნაპირს. ქრომატოგრამას ვაშრობთ ჰაერის ნაკადით ჭიანჭველმჟავის სრულ აოოთქლებამდე.

გამამჟღავნებლად ვიყენებთ ნაზავს, რომელიც შედგება 20 მლ არაბინოზის წყლიანი ხსნარის, 22 მლ ანილინის სპირტხსნარისა და 58 მლ გამოხდილი ნ-ბუთანოლისგან.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გამამჟღავნებელი უნდა შევინახოთ დაბალ ტემპერატურაზე და დავიცვათ სინათლის მოქმედებისგან.

გ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. გამჟღავნებისათვის ფირფიტას ვათავსებთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ვასხურებთ გამამჟღავნებელს 10 — 12 მლ-ის რაოდენობით. ფირფიტას ვათავსებთ თერმოსტატში 90°C-ზე (სიბნელეში) 6 წუთის განმავლობაში (ტემპერატურა მკაცრად უნდა იქნას შენარჩუნებული), რის შემდეგ ქრომატოგრამას მჟავათა ორთქლისაგან დაცვის მიზნით ვინახავთ თავდახურულ ჭურჭელში. მეორე დღეს ფირფიტაზე აღმოჩნდება მკვეთრად გამოხატული მჟავათა შესაბამისი ლაქები.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს შ ე დ ე გ ე ბ ი. გამჟღავნების შემდეგ ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე ჩნდება ორგანულ მჟავათა შესაბამისი ყავისფერი ლაქები, რომელთაც *Rf*-ის შემდეგი სიდიდეები ახასიათებთ:

| | |
|---|---|
| ღვინომჟავა . . . . . | 0,13 |
| ლიმონმჟავა . . . . . | 0,23 |
| ვაშლმჟავა . . . . . | 0,34 |
| ლიმონ-ვაშლმჟავა . . . . . | 0,55 |
| რძემჟავა . . . . . | 0,69 |
| ქარვამჟავა . . . . . | 0,79 |

ორგანულ მჟავათა რაოდენობრივი განსაზღვრა შეიძლება ჩავატაროთ ფოტოდენსიტომეტრით.

## ეთერზეთების განსაზღვრა ღვინოში [13]

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ღვინიდან ეთერზეთების ექსტრაქციას პენტანის საშუალებით, გამხსნელის აორთქლებას და ექსტრაქტის ქრომატოგრაფირებას.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი. 1. პენტანი; 2. სილიკაგელი; 3. თაბაშირი; 4. ბენზოლი; 5. მეთანოლი; 6. ქლოროფორმი; 7. 5%-იანი NaOH; 8. 2n HCl-ში გახსნილი 2,4-დინიტროფენილჰიდრაზინის ნაჯერი ხსნარი; 9. 25%-იანი ხუთქლორიანი ვერცხლისწყალი ქლოროფორმში; 10. 1%-იანი ვანილინის ხსნარი კონცენტრულ $H_2SO_4$-ში; 11. 96%-იანი ეთილის სპირტი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 250 მლ ღვინოს და სპეციალურ ექსტრაქტორში (გვ. 148) პენტანით ექსტრაქციას ვატარებთ. მიღებულ ექსტრაქტს ოთახის ტემპერატურაზე ვაორთქლებთ და ნაშთი 2 მლ-მდე მიგვყავს. მიღებულ ნაშთს მჟავების ფრაქციის მოსაცილებლად 2 მლ 5% NaOH-ით ვამუშავებთ.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ი ფ ი რ ფ ი ტ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. 5 გ სილიკაგელს, 25 გ თაბაშირსა და 16 მლ წყალს კარგად ვურევთ

ფაიფურის ჯამში და მიღებული ძასით ვფარავთ 13×18 სმ მინის ფირფიტას თხელი ფენით. სორბენტის ფენას ვაშრობთ ოთახის ტემპერატურაზე და ერთი საათის განმავლობაში ვააქტიურებთ 110°C-ზე.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ გამოყენებულია ორი სისტემა:

1. ბენზოლი — მეთანოლი (95:5);

2. ქლოროფორმი — ბენზოლი (1:1).

ეს სისტემები საშუალებას იძლევა ზემოაღნიშნული სორბენტის ფენაზე მიღწეული იქნას საანალიზო ნიმუშის კარგი დაყოფა.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ ა. წინასწარ მომზადებულ ექსტრაქტს 10 მკლ-ის ოდენობით დავიტანთ მომზადებულ სორბენტის ფენაზე. ჩავდგამთ იმ კამერაში, სადაც პირველი გამხსნელია და დავხურავთ ჰერმეტულად. პირველი გამხსნელის გაშვების შემდეგ ქრომატოგრამა უნდა გავაშროთ ოთახის ტემპერატურაზე და მოვათავსოთ კამერაში, რომელშიც მეორე გამხსნელია ჩასხმული. მეორე გამხსნელში ფრონტის ხაზი ქრომატოგრამაზე გადაიწევს 14 — 15 სმ-ით. საკვლევი ხსნარის უკეთესი დაყოფისათვის გამხსნელის ორთქლით გაჯერების მიზნით ქრომატოგრაფიის კამერის კედლებზე ვაკრავთ ფილტრის ქაღალდს, რომელიც შესაბამისი გამხსნელითაა დასველებული.

ცალკეული კომპონენტების აღმოჩენისა და იდენტიფიკაციისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი მეთოდები:

1. ქრომატოგრამის დათვალიერება УФ არეში;

2. ქრომატოგრამის მოთავსება იოდის ორთქლში (საერთო გამამჟღავნებელი) და შემდგომი დათვალიერება УФ არეში;

3. ქრომატოგრამის შესხურება 2,4-დინიტროფენილჰიდრაზინის ხსნარით 2n HCl-ში (რეაქცია კარბონილურ ნაერთებზე).

4. ქრომატოგრამის შესხურება 25%-იანი ხუთქლორიანი ვერცხლისწყლით ქლოროფორმში (რეაქცია ტერპენებზე, ეთერებზე და სხვა);

5. შესხურება 1%-იანი ვანილინის ხსნარით კონცენტრულ $H_2SO_4$-ში (საერთო რეაქცია ტერპენებზე);

6. საკვლევი კომპონენტების Rf-ის შედარება მოწმეთა Rf-ების სიდიდეებთან.

7. შთანთქმის მაქსიმუმის განსაზღვრა, რაც შემდეგნაირად ტარდება: ქრომატოგრაფირების დამთავრების შემდეგ გამშრალ ქრომატოგრამას ამჟღავნებენ 1%-იანი ვანილინის ხსნარით გოგირდმჟავაში. სორბენტის იმ ნაწილს, რომელზეც გამჟღავნებული ლაქაა, ფრთხილად ჩამოფხეკავენ და მოათავსებენ სინჯარაში, რომელშიც 3,5 მლ ეთილის სპირტია მოთავსებული. ახდენენ მიღებული ნაზავის ცენტრიფუგირებას. ცენტრიფუგირების შემდეგ ნალექის თავზე მომდგარ

სითხეს დეკანტაციით გადმოიღებენ და სპექტროფოტომეტრზე საზღვრავენ სორბენტის ზედაპირიდან დესორბირებული ნივთიერებების შთანთქმის მაქსიმუმს.

ფენილეთილის სპირტის გამჟღავნებისათვის 1%-იანი ვანილინის ხსნარის შესხურების შემდეგ საჭიროა ქრომატოგრამის გახურება 110°C-ზე 15 — 20 წუთით, ხოლო დარიჩინის ალდეჰიდისათვის იმავე ტემპერატურაზე 30 — 60 წუთის განმავლობაში.

ამ მეთოდით ღვინოში შესაძლებელია აღმოვაჩინოთ ფარნეზოლი, ლინალოოლი, β — ფენილეთილის სპირტი, დარიჩინის ალდეჰიდი, β — იონონი.

ზემოაღნიშნული მეთოდით ტერპენული ნაერთები განსაზღვრეს აგრეთვე ე. მნჯოიანმა და სხვებმა [10, 11] ყურძენში, ღვინოსა და კონიაკის სპირტში. ავტორებმა, პენტანის გარდა, გამხსნელად გამოიყენეს დიეთილეთერ-პეტროლეინის ეთერის ნაზავი (25×75 შეფარდებით), რომელიც აღნიშნულ ნივთიერებათა კარგი დაყოფის საშუალებას იძლეოდა.

## კატეხინების განსაზღვრა ყურძნის კლერტში, ჭაჭაში, ღვინოსა და ძმარში [21]

(ვ. ბერგერისა და კ. ჰერმანის მიხედვით)

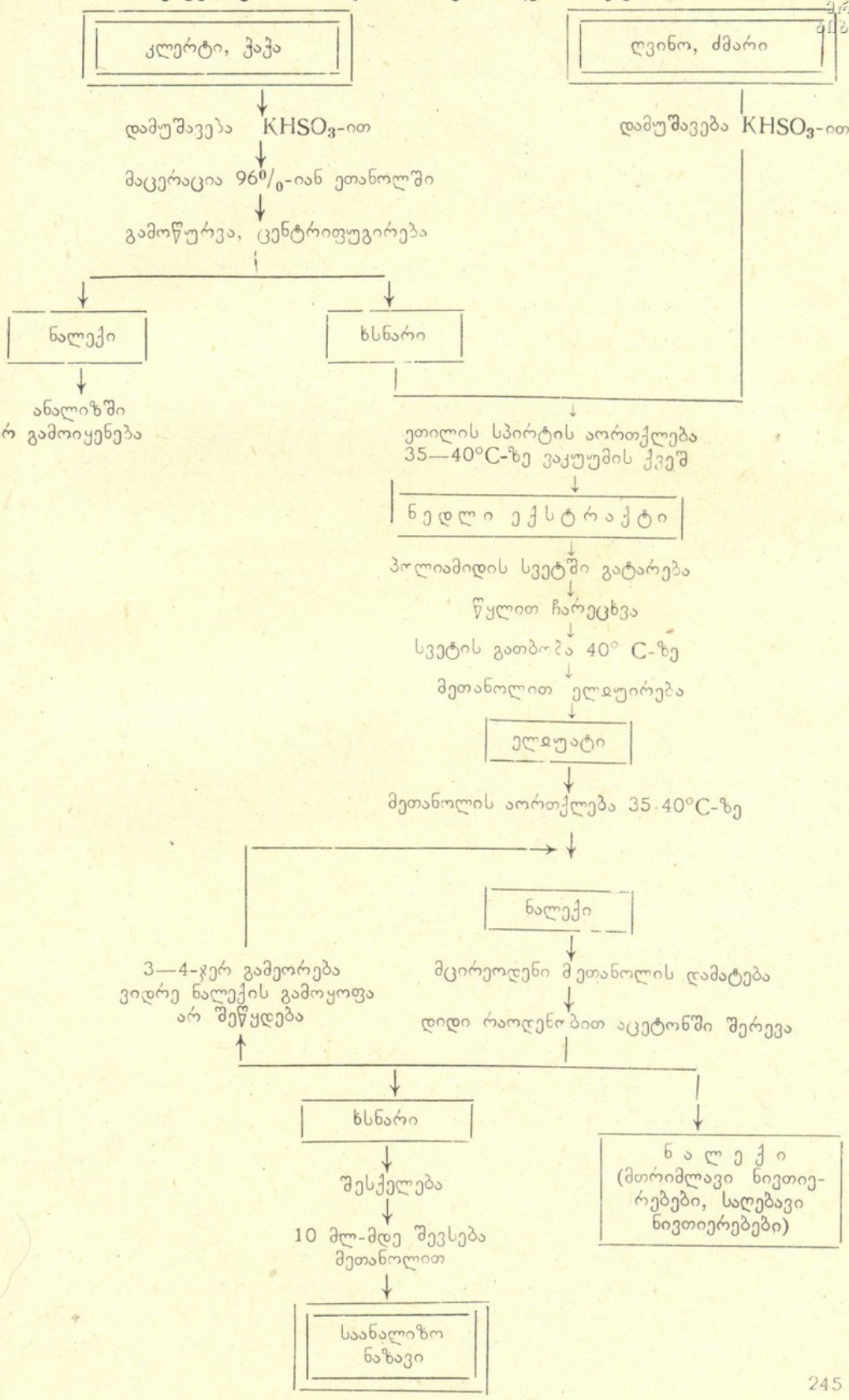
მეთოდის პრინციპი. მეთოდი ემყარება $KHSO_3$ დამატებული, ეთანოლში მაცერირებული და შემდეგ ცენტრიფუგირებული საანალიზო მასალის პოლიამიდის სვეტში გატარებას, ადსორბირებული ნივთიერებების მეთანოლით ელუირებას, ელუატიდან საღებავი ნივთიერებების მოცილებას აცეტონის დამატებით, დარჩენილი გამჭვირვალე ხსნარის აორთქლების შედეგად მიღებული და მეთანოლში გახსნილი ნაშთის ქრომატოგრაფირებას.

საჭირო რეაქტივები. 1. $KHSO_3$; 2. 96%-იანი ეთილის სპირტი; 3. „ვალმის" ფირმის პოლიამიდი; 4. ცელულოზა (ავისელი); 5. მეთილის სპირტი; 6. აცეტონი; 7. ნ-ბუთილის სპირტი; 8. ყინულოვანი ძმარმჟავა; 9. 2%-იანი ძმარმჟავა.

საანალიზო ნიმუშის მომზადება. 50—250 გ ყურძნის კლერტს ან ჭაჭას ვურევთ 2 — 3 გ კრისტალურ $KHSO_3$-ს, ვაქუცმაცებთ და ვსრესავთ. მაცერაციის მიზნით ვამატებთ 96%-იან ეთილის სპირტს. მიღებულ მასას გამოვწურავთ და ვატარებთ გამოწურული სითხის ცენტრიფუგირებას 30 წუთის განმავლობაში. ნალექის თავზე მომდგარ ეთანოლიან ექსტრაქტს დეკანტაციით სუფთა ჭურჭელში გადავიტანთ, ნარჩენს კვლავ ვამატებთ ეთილის სპირტს და ვატარებთ ცენტრიფუგირებას. ამ პროცესს 5-ჯერ ვიმეორებთ. ეთანოლიან ექსტრაქტებს ცალკე ვაგროვებთ, ვფილტრავთ ბამბაში და

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## კატეხინების საანალიზო ნაზავის მიღების სქემა



ვაკუუმამაორთქლებელში 40 წუთის განმავლობაში ვაორთქლებთ მიღებულ მოყვითალო-მოწითალო ფერის ნარჩენს ცალკე ჭურჭელში გადავიღებთ, რომელიც უნდა გავასუფთაოთ პოლიამიდით გავსებულ სვეტზე. ამ მიზნით ვიღებთ 35 სმ სიგრძისა და 3,5 სმ დიამეტრის ონკანის მინის სვეტს, რომელსაც შემოვლებული აქვს თერმოსტატთან შეერთებული გამათბობელი პერანგი. სვეტს ვავსებთ „ვჲოლმის" ფირმის პოლიამიდით, ვასხამთ წყალს და ვტოვებთ სულ მცირე 2 საათის განმავლობაში.

სვეტიდან წყლის გამოშვების შემდეგ მასში ექსტრაქტს ვატარებთ. 200 მლ გამოხდილი წყლით ჩავრეცხავთ, სვეტს თავს დავუცობთ და ვიწყებთ მის გათბობას 40°C-მდე. სვეტიდან ელჲუაციას 500 მლ მეთანოლით ვატარებთ. მიღებული ელჲუატიდან მეთანოლს ვაორთქლებთ როტორულ ამაორთქლებელში 40°C-ზე. ნარჩენს 20 — 50 მლ მეთანოლში ვხსნით, ვამატებთ 5 — 10-ჯერ მეტ აცეტონს, ვიდრე მეთანოლიანი ხსნარის მოცულობაა* და წარმოქმნილ ნალექს ვფილტრავთ. ამ ოპერაციას 3 — 4-ჯერ ვიმეორებთ. გამჭვირვალე ფილტრატებს ვაერთებთ და ფრთხილად ვაორთქლებთ, აორთქლების შედეგად მიღებული ნარჩენი 5 მლ ეთანოლ-აცეტონში (1:1) მთლიანად უნდა გაიხსნას. მიღებული ხსნარი გადაგვაქვს კოლბაში და მეთანოლით 10 მლ-მდე მიგვყავს.

ამგვარად მომზადებული ხსნარი მზად არის სორბენტის ფენაზე დასატანად.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ი ფ ი რ ფ ი ტ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ქრომატოგრაფიისათვის ვიყენებთ 20×20 სმ ზომის მინის ფირფიტებს, სორბციულ მასად კი „მერკ" ფირმის ცელულოზას (ავისელი).

15 გ ცელულოზას 100 მლ წყალში ვურევთ, 1 — 2 წუთი ელექტროსანჯღრეველაზე ვანჯღრევთ და მიღებული მასა 0,4 მმ სისქის ფენის სახით დაგვაქვს მინის ფირფიტაზე.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ უნდა ვიხმაროთ 2%-იანი ძმარმჟავის ხსნარი. თუ ქრომატოგრამაზე ვერ მივიღეთ დამაკმაყოფილებელი დაყოფა, ცუდად გამოსახული ლაქები უნდა ამოვფხიკოთ და მათი მეთანოლიანი ელჲუატი ვაკუუმის ქვეშ ავაორთქლოთ. ნარჩენს გავხსნით 2 მლ ეთანოლში და ამ ნაზავიდან აღებულ 1 — 1,5 მლ-ს დავიტანთ სორბენტის ფენაზე. ამ შემთხვევაში გამხსნელად უნდა ვიხმაროთ ნ-ბუთილის სპირტის — ყინულოვანი ძმარმჟავისა და წყლის (4:1:2,2 შეფარდებით) ნაზავი.

---

* აცეტონის დამატებით თანმხლები ნივთიერებები (ანტოციანიდინები, კონდენსირებული კატეხინები) დაილექებიან მოყვითალო-მოწითალო ნალექის სახით, რომელიც კარგად იხსნება კონცენტრულ მჟავაში, უფრო ნაკლებად კი მეთანოლში.

ბერგერისა და ჰერმანის მიერ ღვინოებში აღმოჩენილი იყო D — კატეხინი, L — ეპიკატეხინი, D — გალოკატეხინი, L — ეპიგალოკატეხინი.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ალიფატური ალდეჰიდების განსაზღვრა ღვინოსა და კონიაკის სპირტში

(თ. ღლონტის მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ღვინისა და საკონიაკე სპირტის 2,4—დინიტროფენილჰიდრაზონებში გადაყვანილი ალიფატური ალდეჰიდების ქრომატოგრაფირებას*.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. დიეთილეთერი; 2. 2n HCl-ში გახსნილი 2,4-დინიტროფენილჰიდრაზინის 0,2%-იანი ხსნარი; 3. 2n HCl-ის ხსნარი; 4. დიოქსანი; 5. დიმეთილფორმამიდისა და აცეტონის ნაზავი (1:1); 6. დიმეთილფორმამიდი; 7. დიმეთილფორმამიდით მაძღარი დეკალინი; 8. ბენზოლ-ჰექსან-აცეტონის (5:10:1 შეფარდებით) ნაზავი; 9. „ვდოლმის" ფირმის სილიკაგელი (შემაკავშირებლის გარეშე).

---

* თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდით ალიფატური ალდეჰიდები განსაზღვრული იყო სხვადასხვა ავტორის მიერ.

კ. ონოს მონაცემებით [36] ალიფატური ალდეჰიდების ჰიდრაზონების გაყოფისათვის საუკეთესო სორბენტად ითვლება სილიკაგელი — სახამებელი, ხოლო სისტემად — წყლით მაძღარი ბენზოლი 8:92 შეფარდებით. ამ გამხსნელში იდენტიფიცირებულია სხვადასხვა ალდეჰიდის ჰიდრაზონები Rf-ის შემდეგი მაჩვენებლებით ფორმალდეჰიდის ჰიდრაზონის Rf-თან შეფარდებით; აცეტალდეჰიდისათვის — 1,43; პროპიონალდეჰიდისათვის — 1,45; ნ — ბუთილალდეჰიდისათვის — 1,51; იზობუთილალდეჰიდისათვის — 1,50; ამილალდეჰიდისათვის — 1,80; იზოამილალდეჰიდისათვის — 1,81; ნ-ჰექსილალდეჰიდისათვის — 1,89; ნ-ჰეპტილალდეჰიდისათვის— 2,03; ნ-ოქტილალდეჰიდისათვის — 2,59; ნ-ნონილალდეჰიდისათვის — 2,91; ნ-დეცილალდეჰიდისათვის — 4,00; კროტონალდეჰიდისათვის — 1,50.

ზემოაღნიშნული ალდეჰიდების, აგრეთვე ცის და ტრანს — ფურფურილალდეჰიდების დინიტროფენილჰიდრაზონების, ბენზალდეჰიდისა და კეტონების (აცეტონის, მეთილეთილკეტონისა და ციკლოჰექსანონის), გლიოქსალისა და მეთილგლიოქსალის იდენტიფიცირება წარმატებით ჩატარდა ალუმინის ქანგის შეუმაგრებელფენიან ფირფიტაზე [42] ბენზოლ-ჰექსანის სისტემაში (1:1) და ეთერში.

ზოგიერთი 8 ნახშირბადზე მეტი ატომის შემცველი ალიფატური ალდეჰიდი და კეტონი დაყოფილი იყო სილიკაგელ-თაბაშირის ფენაზე [33] ბენზოლში, ტოლუოლში და პეტროლეინის ეთერებში რამდენიმე წვეთი ეთერის დამატებით.

დარიჩინის ალდეჰიდი და ფურფუროლი კარგად დაყვეს სილიკაგელ-თაბაშირის ფენაზე ჰექსან-ეთილაცეტატის 7:3 სისტემაში [35].

ალდეჰიდებისა და კეტონების ა ღ მ ო ჩ ე ნ ი ს ა თ ვ ი ს ჩვეულებრივ მიმართავენ ქრომატოგრამის შესხურებას 2,4-დინიტროფენილჰიდრაზინის ან ფოსფორმოლიბდენის მჟავით. შესხურების შემდეგ გამჟღავნებისათვის აუცილებელია ქრომატოგრამის მოთავსება 110°C-ზე.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ი  ფ ი რ ფ ი ტ ი ს  მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ „ვჲოლმის“ ფირმის 0,60 გ სილიკაგელს *, ვსრესავთ ავატის როდინში, ვამატებთ 2,5 მლ გამოხდილ წყალს (თანდათანობით) და ვურევთ, ვიდრე ერთგვაროვანი მასა არ მიიღება. დეტერგენტით („ნოვოსტი“ სარეცხი ფხვნილის ტიპის) წინასწარ გულდასმით გარეცხილსა და ცხიმგაცილებულ 6×12 სმ ზომის მინის გამშრალ ფირფიტას ვათავსებთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და მასზე სწრაფად ვასხამთ სილიკაგელის წყლიან მასას ისე, რომ იგი თანაბარი სისქის ფენის სახით განაწილდეს ფირფიტაზე. ამგვარი წესით მომზადებულ ფირფიტას ვტოვებთ 16 — 18 საათით გასაშრობად, შემდეგ კი ერთი საათით ვათავსებთ თერმოსტატში 120°C-ზე აქტივირების მიზნით [2].

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო  ნ ი მ უ შ ი ს  მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. საკვლევი ღვინისა და საკონიაკე სპირტის ალიფატური ალდეჰიდები 2,4-დინიტროფენილჰიდრაზონებში გადაგვყავს ისეთივე ხერხით, როგორიც აღწერილი გვქონდა 89-ე გვერდზე.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ი ს  ტ ე ქ ნ ი კ ა. ქრომატოგრაფიულ ფირფიტას ** ვათავსებთ მაგიდაზე და ბოლოდან 1,5 სმ-ის დაშორებით სასტარტო ხაზზე დაგვაქვს საანალიზო სინჯი (წერტილების სწრაფად გაშრობის მიზნით უმჯობესია დატანის ადგილებზე მიედინებოდეს შემთბარი ჰაერის ნაკადი). წერტილებს შორის მანძილი უნდა იყოს არაუმცირეს 1,0 — 1,2 სმ-ისა.

სორბენტის ფენაზე დასატანი სინჯის რაოდენობას განვსაზღვრავთ იმის მიხედვით, თუ რა რაოდენობით მოიპოვება ჰიდრაზონებში გადაყვანილი ალდეჰიდები საანალიზო სინჯში. სასურველია, წერტილები მცირე ზომის, და წრიული ფორმის იყოს.

წერტილების გაშრობის შემდეგ ქრომატოგრაფიულ ფირფიტას ვდგამთ კამერაში (ქიმიური ჭიქა ან სხვა ჭურჭელი), რომელშიც წი-

---

* ჰიდრაზონების გაყოფის რეჟიმის შერჩევისას გამოვცადეთ სილიკაგელის შემაგრებულფენიანი ფირფიტებიც. სხვადასხვა შემადგენლობისა და შეფარდების გამხსნელთა ნაზავებთან შედარებით, კარგი შედეგები მივიღეთ გამხსნელად ბენზოლ-ჰექსან-აცეტონის (5:10:1 შეფარდებით) სისტემის გამოყენებისას (აღმავალი ქრომატოგრაფია). სორბციულ მასას ვამზადებდით შემდეგნაირად: ვიღებდით ფრაქციონირებულ (2 საათიანი ფრაქცია) [25, 38] სილიკაგელს (მარცვლების ზომა 5—10 μ) 0,6 გ-ის ოდენობით, ვამატებდით წინასწარ მომზადებულ წვრილდისპერსიულ თაბაშირს [6] სორბენტის წონის 5%-ის რაოდენობით და აგატის როდინში კარგად ვსრესდით, თანდათანობით ვხსნიდით 2 მლ გამოხდილ წყალში და 6×12 სმ ზომის ფირფიტაზე ვანაწილებდით თანაბარი სისქის ფენის სახით. გამხსნელის ფრონტის ხაზი აღწევდა 9—10 სმ-ს. სორბენტის ფენიდან გამხსნელის აორთქლების შემდეგ ფირფიტას ვათვალიერებდით ულტრაიისფერი სხივის არეში და რეფლექსურ ფოტოქაღალდზე ვიღებდით ქრომატოგრამის ფოტოასლებს.

** ჩვეულებრივ იყენებენ 2 მმ სისქის ფოტოფირფიტას. დანიშნულების მიხედვით შეიძლება გამოიჭრას სხვადასხვა ზომის ფირფიტა ჩვეულებრივი მინისაგან.

ნასწარ ჩასხმული გვაქვს გამხსნელთა სისტემა (აღმავალი ქრომატოგრაფია) და თავზე ვახურავთ.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ ვიყენებთ ბენზოლ-ჰექსან-აცეტონის (5:10:1 შეფარდებით) ნაზავს. გამხსნელი ფრთხილად უნდა ჩავასხათ კამერაში იმ რაოდენობით, რომ იგი ჩადგმულ ფირფიტას 0,5 სმ სიმაღლეზე შემოადგეს.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ი შ ე დ ე გ ე ბ ი ს შ ე ფ ა ს ე ბ ა. გამხსნელთა ნაზავის მიერ ქრომატოგრაფიული ფირფიტის სორბენტის ფენის გავლის შემდეგ (დაახლოებით 20—25 წუთი) ფირფიტას ვიღებთ კამერიდან, ვაშრობთ და მასზე დაყოფილ მოყვითალო—მონარინჯისფრო ლაქებს ვათვალიერებთ ულტრაიისფერი სხივის არეში.

ქრომატოგრაფიული შედეგების უკეთ ფიქსირებისათვის უმჯობესია რეფლექსურ ფოტოქაღალდზე გადავიღოთ ქრომატოგრამის სურათი ულტრაიისფერი სხივის ქვეშ შესაბამისი ექსპოზიციის განსაზღვრის გზით, .ვინაიდან მცირე კონცენტრაციის კომპონენტთა შესაბამისი ლაქები ჩვეულებრივ შუქზე ძნელად გასარჩევია.

ქრომატოგრამაზე გამოსახული ლაქების იდენტიფიცირებას ვახდენთ ე. წ. „მოწმეთა“ მეთოდით.

ზემოაღნიშნული მეთოდით ღვინოსა და კონიაკის სპირტში შეიძლება განვსაზღვროთ ფურფუროლი, აცეტალდეჰიდი, პროპიონმჟავაალდეჰიდი, ერბომჟავაალდეჰიდი, იზოვალერიანმჟავაალდეჰიდი, ენანტმჟავაალდეჰიდი, ჰექსილალდეჰიდი.

## სორბინის მჟავას განსაზღვრა [37]

(ტ. პეტრონეს მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ღვინის ნიმუშის დიეთილეთერით ექსტრაქციას და სორბინის მჟავის განსაზღვრას შესქელებული ექსტრაქტის ქრომატოგრაფირების გზით.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი: 1. 25%-იანი $H_2SO_4$; 2. დიეთილეთერი; 3, ეთილის სპირტი; 4. $Na_2SO_4$; 5. სორბინმჟავა; 6. კიზელგელ-G; 7. ბენზინი; 8. წყლით მაძღარი ნ-დიბუთილეთერი; 9. ძმარმჟავა; 10. ჭიანჭველმჟავა; 11. $H_2O_2$; 12. თიობარბიტურმჟავის 0,5%-იანი წყლიანი ხსნარი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. ვიღებთ 50 მლ ღვინოს, ვამჟავებთ 5 მლ 25%-იანი $H_2SO_4$-ით და ვატარებთ ექსტრაქციას 50 მლ დიეთილეთერის დამატებით ორჯერ (ანტიემულგატორი— 5 მლ ეთანოლი), ეთერიან ექსტრაქტებს ერთად ვაგროვებთ, ვაშრობთ $Na_2SO_4$-ით და გადაგვაქვს მშრალ კოლბაში. ოდნავ შემთბარ წყლის აბაზანაზე ვატარებთ ეთერის გადადენას წყლის ჭავლიანი ტუმბოს დახმარებით.

ჭარბი ეთერის მოცილების შემდეგ ნარჩენი გადაგვაქვს საზომ კოლბაში (10 — 25 მლ ტევადობის) და მიგვყავს ნიშანხაზამდე ეთერით, რის შემდეგ ნიმუში მზად არის ქრომატოგრაფირებისათვის.

პარალელურად ვამზადებთ სორბინმჟავას ეთერიან ხსნარს 0,4 მგ/მლ სორბინმჟავას შემცველობით.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ი ფ ი რ ფ ი ტ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. სორბენტად ვიყენებთ კიზელგელ—G-ს, რომლის თხელი ფენით (0,25 მმ) ვფარავთ 20×20 სმ ზომის ფირფიტას.

სორბენტის ფენით დაფარულ ფირფიტას ვაშრობთ ჰაერზე 30 წუთის განმავლობაში და 1 საათით ვათავსებთ 120°C-ზე.

სასტარტო ხაზზე დაგვაქვს სტანდარტული ხსნარი და საანალიზო ნაზავი 0,04 — 0,06—0,08 მლ-ის ოდენობით.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ ვიყენებთ 80 მლ ბენზინის, 35 მლ წყლით მაძღარი ნ-დიბუთილეთერის, 3 მლ ძმარმჟავისა და 3 მლ ჭიანჭველმჟავის ნაზავს.

გამხსნელის მიერ სორბენტის ფენის გავლის შემდეგ ფირფიტას ვაშრობთ 5 წუთით ჰაერზე და 20 წუთით 120°C-ზე. ფირფიტის სორბენტიან ფენას გაცივების შემდეგ ვასველებთ $H_2O_2$-ით (3%) და ათი წუთის შემდეგ ვათავსებთ 120°C-ზე 2 — 3 წუთით.

სორბენტის ფენას ცხელ მდგომარეობაში ვასხურებთ თიობარბიტურმჟავის 0,5%-იანი წყლიან ხსნარს.

ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე ვღებულობთ მუქი ვარდისფერი შეფერვის ლაქებს.

## სორბინის მჟავის განსაზღვრა ღვინოში [41]

(ვ. რიოს მიხედვით)

მ ე თ ო დ ი ს პ რ ი ნ ც ი პ ი. მეთოდი ემყარება ღვინის ყოველ-გვარი დამუშავების გარეშე ქრომატოგრაფირებას. იმ შემთხვევაში, როცა სორბინმჟავა ღვინოში 50 მგ/ლ-ზე ნაკლები კონცენტრაციითაა. მეთოდი ითვალისწინებს წინასწარ შესქელებული ღვინის ნიმუშის დატანას სორბენტის ფენაზე.

ს ა ჭ ი რ ო რ ე ა ქ ტ ი ვ ე ბ ი. 1. *n*-NaOH ან *n*-KOH; 2. 2*n* HCl; 3. მეთილის სპირტი; 4. სორბინმჟავა; 5. კიზელგელ G; 6. ტოლუოლ-ძმარმჟავაეთილეთერ-ჭიანჭველმჟავას ნაზავი (25:20:5 შეფარდებით); 7. ტოლუოლ-ძმარმჟავაეთილეთერ-ქლოროფორმ-ჭიანჭველმჟავას ნაზავი (25:13:10:2 შეფარდებით); 8. მეთანოლიანი სორბინმჟავას სტანდარტული ხსნარი (1 მკგ/მკლ კონცენტრაციის); 9. 2-თიობარბიტურმჟავის წყლით ნაჯერი ხსნარი.

ს ა ა ნ ა ლ ი ზ ო ნ ი მ უ შ ი ს მ ო მ ზ ა დ ე ბ ა. უკეთუ ღვინოში სორბინმჟავის რაოდენობა 50 მგ/ლ-ზე მეტია, მაშინ ნიმუში ფირფიტაზე ყოველგვარი მომზადების გარეშე დაგვაქვს, ხოლო თუ უფრო ნაკლებია, მაშინ ღვინო წინასწარ უნდა დავამუშაოთ [43], რაც შემდეგში მდგომარეობს: 50 მლ ღვინოს ნორმალური NaOH-ით ან KOH-ით ვატუტიანებთ და როტორულ ამაორთქლებელში 35°C-ზე ვაორთქლებთ 3 — 5 მლ-მდე. ნარჩენს ვამატებთ 3 მლ 2 *n* HCl-ს და გამოხდილი წყლით მიგვყავს 10 მლ-მდე. ამ ნაზავს ვიყენებთ ქრომატოგრაფირებისათვის.

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი უ ლ ფ ი რ ფ ი ტ ა დ ვ. რიოს მიერ [41] გამოყენებული იყო „მერკ“ ფირმის კიზელგელ G-თი (250 μ*m*) დაფარული მზა ფირფიტა, რომელიც აქტივირებული იყო 100 — 105°C-ზე 1 საათის განმავლობაში.

გ ა მ ხ ს ნ ე ლ ა დ თვისებრივი განსაზღვრისათვის ვიყენებთ ტოლუოლ-ძმარმჟავაეთილეთერ-ჭიანჭველმჟავის (25:20:5 შეფარდებით) ნაზავს (ა გამხსნელი), ხოლო რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის* ტოლუოლ-ძმარმჟავაეთილეთერ-ქლოროფორმ-ჭიანჭველამჟავის (25 : :13:10:2 შეფარდებით) ნაზავს (ბ გამხსნელი).

გ ა მ ა მ ჟ ღ ა ვ ნ ე ბ ლ ა დ თვისებრივი განსაზღვრისათვის ვიყენებთ წყლით ნაჯერ 2-თიობარბიტურმჟავის ხსნარს [26].

ქ რ ო მ ა ტ ო გ რ ა ფ ი რ ე ბ ა. სორბენტის ფენაზე დაგვაქვს 5 — 10 მკლ ეთერი ან წითელი ღვინო და 5 მკლ მეთანოლიანი სორბინმჟავას (1 მკგ/მკლ-ზე) ხსნარი. წერტილების გაშრობის შემდეგ ფირფიტას ვდგამთ გამხსნელში (აღმავალი ქრომატოგრაფია) 30 წუთით. შემდეგ ფირფიტას ჰაერზე ვაშრობთ და ვასხურებთ გამამჟღავნებლით. სორბინმჟავას შესაბამისი ლაქა (*Rf* = 0,56) წითლად უნდა იყოს შეფერილი.

---

* რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარების მიზნით ვ. რიოს [41] სორბენტის ფენაზე დაჰქონდა 7 მკლ საანალიზო ნაზავი და 5 მკლ სტანდარტული ხსნარი. გამხსნელად გამოყენებული იყო ბ ნაზავი. გამხსნელში 50 წუთით ყოფნის შემდეგ ფირფიტა 15 წუთის განმავლობაში შრებოდა ჰაერზე. სორბინმჟავას იდენტიფიცირება ხდებოდა ულტრაიისფერ არეში (262 HM-ზე). Rf შეადგენდა 0,46-ს.

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ლიტერატურა


1. Ахрем А. А., Кузнецова А. И., Тонкослойная хроматография, 1964.
2. Беленький Б. Г. Ганкина Э. С. Тонкослойная хроматография полимеров. 1970.
3. Бокучава М. А., Валуйко Г. Г., Ульянова М. С., Струа З. Ш., Прикладная биохимия и микробиология. 1971. т. VII. вып. 4,503.
4. Волынец М. П., Тонкослойная хроматография в неорганическом анализе., 1974.
5. Волынец М. П., Ермаков А. Н. Никитина Л. П., Журн. аналит. химии. 1971, 26, 1434.
6. Ганкина Е. С., Кандидатская диссертационная работа. 1970.
7. Егоров Е. В., Новиков П. Д., Разгон Д. Р., Цетлин Б. Л., ДАН СССР. 1962, 146. 1360.
8. Кольцов С. И., Алесковский В. Б., Силикагель, его строение и химические свойства. 1963.
9. Шеллард Д., Количесственная хроматография на бумаге и в тонком слое, 1971, 9—13.
10. Мнджоян Е. Л., Саакян Р. Г., Саакян А. С., Виноделие и виноградарство СССР. 1969. № 3, 20.
11. Мнджоян Е. Л., Саакян Р. Г., Саакян А. С., Виноделие и виноградарство СССР. 1971. № 7,18—19.
12. Неймарк И. Е., Успехи химии, 1956, 25, 748.
13. Писарницкий А. Ф., Прикладная биохимия и микробиология. 1966, т. II. вып. 2.
14. Самородова-Бианки М. Б., «Физиолоия растений», 1968, вып.4. 704.
15. Тюкавкина Н. А., Литвиненко В. И., Шостаковский М. Ф. Хроматография на полиамидных сорбентах в органической химии. 1973.
16. Хэнимена Дэн., Успехи химии целлюлозы и крахмала, 1962.
17. Хроматография в тонких слоях. Под ред. Э. Шталя. 1965.
18. Фертман Г. И., Леснов П. П., Изв. высш. уч. завед. Пищевая технология, 1971, № 3.
19. Bourzeix M., Guitraud J., Champagnol F., Ann. techn. agr., 1970, 19, №1, 69 — 73.
20. Berger W. G., Herrmann K., Z. Lebensmitt. — Unters. und Forsch. 1971, 146, №5, 275 — 280.
21. Berger W. G., Herrmann K., Z. Lebensmitt.—Untersuch. und Forsch., 1971, 146, №5, 266 — 274.
22. Berger J. A., Meyniel G., Petit. J. ,C. r., Acad. Sci., 1962, 255 116.
23. Berger J. A., Meyniel G., Petit J., Blanquet P., Bull. Soc. chim, France, 1963, 2662.
24. Berger J. A., Meyniel G., Petit J., J. Chromatogr., 1967, 29, 190.

25. Decker P., Holler h., J. Chrom., 1962, 7, 392.
26. Dickes G. J., Proc. Soc. analyt. Chem., 1968, 5, 3, 52.
27. Diemair W., Polster A., Z. Lebensmitt. —Unters. und Forsch. 1967, 134, №2, 80—86.
28. Dragulescu C., Früchter S., Zaharia M., Rev. roumaine chim., 1967, 12, 139., РЖХим, 1967, 20, Г44.
29. Hörhammer L., Wagner H., Macek K., Chromat. Rev., 1967, 99, 103.
30. Halpaap H., Chemie — Ing. —Techn., 1963, 35, 488.
31. Izmailov N. A., Shraiber M. S., Farmatsiya, 1938, 3, 1.
32. Kirchner I. G., Miller I., Keller G. I., Anal. Chem., 1951, 23, 420.
33. Marcuse R., J. Chromat., 1962, 7, 407.
34. Meinhard J. E., Hall N. F., Anal. Chem., 1949, 21, 185.
35. Miller I. M., Kirchner I. G., Anal. chem., 1953, 25,1107
36. Onoe K., J. Chem. Soc. Japan, Pure Chem. Sec., 1952, 73, 3LL
37. Petrone Turza Marta., Borgazdasag, 1971, 19 №1, 46 —48
38. Pitra J., Sterba J., Chem. Listry., 1963, 57, 389.
39. Pompei C., Peri C., Vitis, 1971, B. 9, H. 4, s. 312 — 316.
40. Randerath K., Dünnschicht — Chromatographie, 1962, „Weinheim — Bergstr.,
41. Rios Victor M., Z. Lebensmittel— Unters. und Forsch., 1972, 147, №6 331 — 335.
42. Rosmus I., Deyl Z., J. Chromat., 1961, 6, 187.
43. Schmidt H., Dtsch. Lebensm. Rdsch., 1962, 58, 1.
44. Sherma J., J. Chromatogr., 1965, 19, 458.
45. Sherma J., Talanta, 1963, 10, 787.
46. Sherma J., Analyt. chem., 1964, 36, 690.
47. Stahl E., Pharmazie, 1956, 11, 632.
48. Stahl E., Chem. Ztg., 1958, 82, 323.
49. Stahl E., Parfumerie und Kosmetik, 1958, 39, 564.
50. Stahl E., Arch. Pharmaz., 1959, 192, (64), 411.
51. Stahl E., Pharmaz. Rdsch., 1959, 1, №2.
52. Stahl E., Arch. Pharmaz., 1960, 293 (65), 531.
53. Stahl E., Kaltenbach U., J. Chromatog., 1961, 5, 351.
54. Stahl E., Kaltenbach U., J. Chromatog., 1961, 5, 458.
55. Stahl E., Z. Anal. Chem., 1961, 181, 303.
56. Stahl E., Schroen P. I., Z. physiol Chem., 1961, 323, 182.
57. Stahl E., Kaldewey H., 1961. Z. phisiol. Chem., 1961, 323, 182.
58. Stahl E., Ang. Chem., 1961, 73, 646.
59. Von E. Stahl., Dunnschicht — Chromatogfaphie, ein Laboratoriumshandbuch., 1962.
60. Stahl E., Dunnschicht — Chromatographie., „Schweiz. Braver. Rundschau., 1967.
61. Tateo Fernando., Sci. alim., 1970, 16, №5, 189 — 190.
62. Truter E. C., Thin film Chromatography, 1963, London.
63. Trappe W., Biochem. Z., 1940, 305, 150.

დამატება
ეროვნული ბიბლიოთეკა

## გაზურ-სითხურ ქრომატოგრაფიაში გამოყენებული უძრავი ფაზები

| უძრავი ფაზები | გამოყენების დასაშვები ზღვრული ტემპერატურა °C | ფაზის დახასიათება და მისი გამოყენება |
|---|---|---|
| 7,8 ბენზოხინოლინი . . . . . | 125 | პოლარული, გამოიყენება იზომერული ქსილენოლების დასაყოფად. |
| Sorbester S—218 სახაროზის დისტეარატი . . . . . | 125 | რთული ეთერების დასაყოფად |
| სილიკონური ზეთი Z—46 . . . | 140 | არასელექტური |
| დიოქტილფტალატი . . . . . | 140 | შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა კლასის ნაერთთა დასაყოფად |
| დი (3,3,5- ტრიმეთილჰექსილ)-ფტალატი . . . . . | 140—190 | იგივე |
| Quadrol—N N, N,′ N′-ტეტრა-(2 ოქსიპროპილ)-ეთილენდიამინი | 140 | ძირითადი და ძლიერ პოლარული, გამოიყენება ამიაკის, მეთილამინის, რახის ზეთების, ტერპენების ნაზავთა დასაყოფად. |
| სკვალენი . . . . . | 140 | არასელექტური, სხვადასხვა კლასის ნაერთთა დასაყოფად |
| სილიკონური ზეთი ДС—702 . . | 148 | არასელექტური |
| Hyprose SP—80 ოქტა-(ოქსიპროპილ)-სახაროზა | 150 | პოლარული, გამოიყენება არომატული ფუძეების დასაყოფად |
| დიდეცილფტალატი . . . . . | 150—175 | სელექტური, არომატული ნაერთების, ტერპენების დასაყოფად |
| თხევადი პარაფინი . . . . . | 150 | არასელექტური |
| დინონილსებაცინატი . . . . . | 150 | სხვადასხვა კლასის ნაერთთა გასაყოფად |
| პოლიპროპილენსებაცინატი . . . | 150 | რთული ეთერების დასაყოფად |
| Tween 20—დეტერგენტი, ლაურინმჟავისა და სორბიტის მონოეთერი | 150 | იგივე |
| Tween 40—დეტერგენტი, პალმიტინმჟავისა და სორბიტის მონოეთერი . . . . . | 150 | იგივე |
| კარბოვაქს—1540 . . . . . | 150 | ტერპენების, N—აცილილირებულ ამინომჟავათა ეთერების დასაყოფად |
| კარბოვაქს —4000 (პოლიეთილენგლიკოლი) | | |
| 1, 2, 3-ტრი-(2-ციანეტოქსი)-პროპანი . . . . . | 150 | ძლიერ სელექტურია არომატული ნაერთების, სპირტების, მარტივი და რთული ეთერების მიმართ |
| კარბოვაქს —1500 (პოლიეთილენგლიკოლი) . . . . . | 170 | სელექტურია ალდეჰიდების, კეტონების, სპირტების, ამინების, ამიაკის, წყლის მიმართ |

ეროვნული ბიბლიოთეკა

| უძრავი ფაზები | გამოყენების დასაშვები ზღვრული ტემპერატურა °C | ფაზის დახასიათება და მისი გამოყენება |
|---|---|---|
| Octoil—S—2—ეთილჰექსილსებაცინატი სებაცინმჟავასთან (10% ნაზავში მყოფი . . . . . | 175 | ნახშირწყალბადების, კარბოციკლური მჟავების დასაყოფად |
| Huprin G—25—გლიცერინისა და პროპილენის (1:2,5 შეფარდებით) კონდენსაციის პროდუქტი . . . | 150 | სელექტურია პოლარულ ნაერთთათვის |
| დინიტროდიფენილ კარბონმჟავის ჰექსილეთერი . . . . . | 150 | ძლიერ სელექტურია არომატული ნახშირწყალბადების მიმართ |
| Tween—80 დეტერგენტი, სტეარინმჟავისა და სორბიტის მონოეთერი | 180 | კარგად ყოფს ქლორირებულ არომატულ ნაერთებს |
| 3,3′— პოლიეთილენგლიკოლი სდინიტრობენზოატი . . . . . | 180 | სელექტური, ფენოლების, კრეზოლების დასაყოფად |
| დიოქტილსებაცინატი . . . . . | 180 | რთული ეთერების დასაყოფად |
| სილიკონური ზეთი DC—703 (მეთილფენილი) . . . . . | 194 | კრეზოლების დასაყოფად |
| Dutrex—55—არომატული ნახშირწყალბადების ნაზავი . . . . . | 180 | ფენოლების დასაყოფად |
| 4,4′ დი ამინოდიფენილსულფონი . | 192 | ძლიერ სელექტური, ფენოლების დასაყოფად |
| მეთილირებული ოქსიეთილცელულოზა . . . . . | 190—220 | გლიუკოზიდების დასაყოფად |
| მეთილირებული სახამებელი . . | 190—220 | იგივე |
| მეთილირებული დექსტრინი . . . | 190—220 | იგივე |
| სილიკონური ზეთი DC—710 . . | 200 | არასელექტური |
| სილიკონური ელასტომერი E—30$_1$ | 200 | „ |
| UCONLB — 550X-პოლიპროპილენგლიკოლი . . . . . | 200 | სელექტურია სპირტებისა და რთული ეთერების მიმართ |
| რეოპლექს 400—პროპილენგლიკოლისა და ადიპინმჟავის პოლიეთერი | 200 | ძლიერ სეელქტურია არომატული ნაერთების, პირიდინის ფუძეების, ცხიმოვანი მჟავებისა და ეთერებისათვის |
| LAC—296—ადიპინმჟავისა და დიეთილენგლიკოლის პოლიეთერი . | 200 | ეთერებისა და ცხიმოვანი მჟავების დასაყოფად |
| PVA—პოლივინილოქტანი . . . . | 200 | იგივე |
| DEGS ანუ LAC —728—2 %-იან ფოსფორმჟავაში მყოფი დიეთილენგლიკოლისა და ქარვამჟავის პოლიეთერი (80%) . . . . . | 225 | პოლარული, სელექტურია რთული ეთერების, ფენოლების, კრეზოლების, ეთერიფიცირებული ზეთების ნაზავების, ქლორირებული ამინომჟავებისათვის, გამოიყენება ცხიმოვანი მჟავების განსაზღვრისათვის |

ეროვნული ბიბლიოთეკა

| უძრავი ფაზები | გამოყენების დასაშვები ზღვრული ტემპერატურა °C | ფაზის დახასიათება და მისი გამოყენება |
|---|---|---|
| EGS—ქარვამჟავისა და ეთილენგლიკოლის პოლიეთერი . . . . . | 220 | ცხიმოვან მჟავათა ეთერების განსაზღვრისათვის |
| LAC—2R—446 ანუ Resoflex—446—ადიპინმჟავასთან მყოფი დიეთილენგლიკოლისა და პენტაერითრიტის პოლიეთერი . . . . . | 220 | ღუნჯერი ცხიმოვანი მჟავების მეთილეთერების დასაყოფად |
| DDS, ანუ კრეგის პოლიეთერი, —ქარვამჟავისა და ბუთილენგლიკოლის პოლიეთერი . . . . . | 230 | ცხიმოვან მჟავათა მეთილეთერების დასაყოფად |
| 2%-იან ფოსფორმჟავაში მყოფი დიეთილენგლიკოლისა და ადიპინმჟავის პოლიეთერი (80%) | 230 | ცხიმოვანი მჟავების, კეტონებისა და ნიტრილების პირდაპირი დაყოფისათვის |
| მაღალვაკუუმიანი სილიკონური საცხი DC . . . . . | 250 | არაპოლარული |
| ცხიმოვან მჟავათა მარილები (ნატრიუმის სტეარატი, ცინკის სტეარატი) . . . . . | 250 | ძლიერ სელექტურია იზომერული ოლეფინების, ფენოლების მიმართ |
| აპიეზონ N, A, K, Y, M, . . . | 250 | ფენოლების, ტერპენების არასელექტური დაყოფისათვის |
| კარბოვაქს — 20M— პოლიეთილენგლიკოლი . . . . . | 250 | პოლარული |
| ასფალტი . . . . . | 275 | სხვადასხვა კლასის ნაერთთა გასაყოფად მაღალ ტემპერატურაზე |
| ეთილენგლიკოლისა და იზოფტალმჟავის პოლიეთერი . . . . . | 280 | სტეროლების დასაყოფად |
| სილიკონური რეზინი (SE—30, DOW—710, DOW—11, DE—SF-96) . . . . . | 300 | მაღალტემპერატურული გაზური ქრომატოგრაფიისათვის |
| აპიეზონ—L . . . . . | 325 | არასელექტური |
| სილიკონური რეზინი . . . . . | 375 | სტეროლების დასაყოფად |
| პოლიფენილენური საცხი . . . . | 450 | პოლარული, სელექტური არომატული ნახშირწყალბადების მიმართ |

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## ავტორთა და ხაგანთა საძიებელი


### ა

ალებად-იონიზაციური დეტექტორი 96, 102, 106, 111, 147, 167, 174, 177, 195, 201
ალებად-ფოტომეტრული დეტექტორი 104
აბსოლუტური კალიბრირება 179
აბსორბცია 144
აგური 13, 115—118, 200
ადიპინმჟავა 218
ადსორბცია 7, 10, 13, 91, 114, 119, 129, 138, 142, 172
ადსორბციული ქრომატოგრაფია 11, 85, 215
ადსორბენტები 7, 138, 140, 149
ადსორბციისუნარიანობა 127
ავაქიანცი ს. 50, 53
ავტომატური პოტენციომეტრი 102
აზელაინმჟავა 218
აზოტი 13, 72, 102, 125, 126, 129, 139, 191, 193, 195, 201, 203
აზოტმჟავა 169, 238
აზოტმჟავა ცერიუმი 169
აზოტშემცველი ნაერთები 104
აივაზოვი ბ. 146
ალანინი 46, 53, 54
ალდეჰიდები 17, 43, 66—75, 151, 153, 169, 199, 206—208, 240, 247
ალდეჰიდბისულფატი 66, 74
ალესკოვსკი ვ. 216
ალიფატური ნახშირწყალბადები 169
ალკალოიდები 214
ალკილჰალოგენიდები 103
ალკილფენოქსიპოლიეთილენეთანოლი (იგეპალ CO-880) 141
ალმაში კ. 70, 66
ალუმინი 50
ალუმინის ჟანგი 15, 138, 214, 216, 218, 221, 224, 234, 235, 247
ალუმოსილიკატები 115
ალუმინის ჰიდროქსიდი 16
ალუმინის ოქსიდი 16
ამაორთქლებელი კამერა 87, 89, 106, 107, 139, 156, 173, 191, 193, 196, 198, 201, 202
ამერინი მ. 146, 193
ამილალდეჰიდი 247
δ—ამილაცეტატი 179
ამიაკი 19, 41, 44, 56, 72, 74, 125, 128
ამილის სპირტი 43, 202
ამინომჟავები 17, 19, 20, 46—54, 235
ამინოერბოს მჟავა 53
ამონიუმი 50
ამონიუმის მარილები 44, 45, 50
ამოსი რ. 146
ანაკრომი 116
ანაქრომ—SD, 194, 195
ანოდი 103
ანილინი 241
ანილინფტალატი 53
ანიონები 15, 219
ანიონიტები 15, 50
ანტიემულგატორი 249
ანტოციანები 62, 235, 241
აპიეზონი 113
აპიეზონ—M 140
აპიეზონ—L 140
არაბინოზა 185, 190, 241
არგონი 13, 126
არააქროლადი მჟავები 36
არომატული ნახშირწყალბადები 22, 176, 178
არაპოლარული უძრავი ფაზა 113, 154
არასიმეტრიული პიკები 118
ასკენდეროვი მ. 54
ასპარაგინმჟავა 46, 54
აქროლადი მჟავები 36, 44, 195, 198

ეროვნული ბიბლიოთეკა


აღგზნების პოტენციალი 127
აღმავალი ქრომატოგრაფია 31, 40, 45, 59, 63, 225, 233, 248, 251
აღწარმოების კონსტანტა 186
აცეტალდეჰიდი 70, 247, 249
აცეტატები 179
აცეტონი 47, 51, 66, 71, 78, 119, 126, 179, 202, 208, 237, 241, 247
აცეტილირება 22, 194, 195
აცეტილირებული ცელულოზა 235
ახრემი ა. 217


ბ


ბაიერი ე. 146
ბაპტისტი ვ. 30
ბარდინსკაია მ. 61
ბარიუმის სულფატი 16
ბარიუმის ტუტე 49, 190, 191
ბაუმანი ფ. 12
ბეზინგერი ე. 17, 46
ბელენკი ბ. 248
ბენედიქტი ნ. 121
ბენქზალდეჰიდი 147
ბენზოატები 76
ბენზოლი 60, 71, 75, 99, 126, 174, 176, 178, 237, 242, 247
ბენზოსულფოქლორიდი 169
ბენზილდიფენილი 140
ბენზინი 249
ბერიძე გ. 46
ბერგნერი კ. 146
ბერტრანი ა. 189, 146
ბერგერი ვ. 240, 244
ბერგერი ი. 219, 247
ბერჩფილდი გ. 146
ბიორექს-S 219
ბირთვული მაგნიტური სპექტროსკოპია 160
ბლოკი რ. 30
ბლეზინგერი ე. 206
ბომი ო. 54
ბონელი ე. 146, 161, 162
ბჟორინგერი ბ. 36
ბჟორნერი ჰ. 61
ბორისოვა ნ. 36, 41, 66, 71, 74
ბოკუჩავა მ. 54, 240
ბორის მეავა 220
ბრაჟნიკოვი ვ. 146
ბროგიონი მ. 194
ბრაუნი ფ. 36
ბრომფენოლლურჯი 37, 40
ბრომკრეზოლის მწვანე 37, 56
ბრუმბერგი ე. 27, 59
ბრჟუერი ბ. 146
ბრჟული გ. 146
ბუადრონი ი. 146
ბუზუნი გ. 54, 58, 63
δ-ბუთილის სპირტი 23, 37, 40, 41, 44, 47, 51, 55, 57, 59, 65, 74, 179, 202, 241, 244
ბუთანი 176, 178
ბუთან-1 178
ბუთადიენ-1,3 178
მეორ.-ბუთანოლი 179
მესამ.-ბუთანოლი 179
მეორ.-ბუთილბენზოლი 179
δ-ბუთილაცეტატი 179
ბუთილალდეჰიდი 247
ბჟული ჰ. 30
ბურზეი მ. 54, 240
ბურკჰარდტი რ. 36, 54
ბუროვი ა. 146
ბუფერული კათიონიტი 15


გ


გააქტიურება 222, 224
გააქტიურებული ნახშირი 141, 194
გაბორი ე. 148, 206, 147
გაგუტი გაპოცუ 147
გადამტანი გაზი 13, 88, 89, 95, 97, 126, 135, 143, 145, 155, 161, 188, 193, 195, 196, 198, 220, 207, 208
გაზურ-ადსორბციული ქრომატოგრაფია 11, 12, 13, 14, 85
გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფია 11, 12, 13, 85
გაზის ნაკადის სიჩქარე 115
გაზდამჭერი 129
გაზური ონკანი 106, 107
გაზური მოცულობა 163
გალატები 55
გალაქტოზა 53

გალაქტურონმჟავა 185, 190
გალის მჟავა 56, 62
გალოკატეხინი 55, 56, 57, 62, 247
გალოკატეხინგალატი 62
გამაჟღავნებელი 24, 27, 40, 73, 241
გამხსნელი 23, 25, 32, 120, 146, 199, 226, 231, 234, 236
გამოყინვა 167
გამყოფი ძაბრი 41, 44, 45, 72, 74, 76, 78, 199, 202
განმანაწილებელი ქრომატოგრაფია 11
განკინა ე. 248
განრთხმული პიკი 116, 131, 133
გარდატეხის კოეფიციენტი 154, 167
გასწვრივი დიფუზია 131
გაყოფის კოეფიციენტი 132
გახურების სიჩქარე 137
გევორქიანი ხ. 36, 39
გერმანოვა ლ. 54, 62
გელაშვილი ნ. 58
გლიოქსალი 247
გლიცერინი 185, 190, 193, 207, 208
გლუტარმჟავა 187, 188
გლდუკაუფი ე. 93
გლიკოლმჟავა 54
გლიცინი 54
გლდუკოზა 80, 185, 190
გლუკონმჟავა 40, 54
გლუტამინის მჟავა 46, 54
გოგირდოვანი ანჰიდრიდი 128, 198
გოგირდოვანი ტყვია 39
გოგირდის ეთერი 37, 41, 74
გოგირდის მჟავა 22, 37, 39, 44, 71, 74, 169, 185, 187, 198, 238, 249
გოგირდნახშირბადი 197
გოგირდწყალბადი 19, 39, 128
გორანოვი ნ. 146
გორდონი ფ. 17, 37, 46
გრდაზნოვი ვ. 146
გრინბერგი ნ. 146
გრუსი რ. 197
გდუიმონი ჯ. 146, 196
გდუიტრო ი. 240


## დ


დალ ნოგარე ს. 139
დამიანი პ. 197
დამჭერი 100, 129, 152, 170
დაპროგრამებული რეჟიმი 99, 105, 111, 129, 132, 145, 188, 190, 198, 201, 202
დარიჩინის ალდეჰიდი 73, 244, 247
დასატვირთი სვეტი 93, 95, 135, 155
დაუექს-1 219
დაუექს-50 219
დაღმავალი ქრომატოგრაფია 31, 25, 48, 73, 76, 225, 233
დაყვანილი შეკავებული მოცულობა 161, 163
დაყვანილი დრო 163
დე ვრისი მ. 148
დეილი ზ. 247
დეკალინი 66, 75, 247
დეკანი 166, 176, 178
დეკანოლ-5 179
დეკანდიოლ-1,10 179
დეკანდიოლ-1,12 179
დეკანტაცია 55, 185, 217, 244
დეკერი პ. 248
დელფინიდოლი 62, 65
დენსიტომეტრი 30
დერგე ნ. 140
დესორბცია 51, 91, 143, 193, 244
დეტერგენტი 126
δ-დეცილალდეჰიდი 247
დეტექტორი 85, 88, 91, 95—105, 111, 126, 128, 129, 138, 147, 155, 161, 173, 180, 188, 193, 195, 196, 198, 200, 208
დეჰიდრატაცია 116, 143
დიაგრამის ქაღალდი 88, 102, 116, 157, 182
დიატომიტი 115, 201
δ-დიბუთილეთერი 249
დიგალის მჟავა 56
დიგლიცერინი 139, 140
დიდებულიძე კ. 46
დიეთილენგლიკოლი 199
დიეთილკეტონი 179
დიეთილეთერი 44, 60, 66, 74, 75, 146, 179, 198, 201, 237, 244, 247, 249
დიეთილენგლიკოლსულცინატი 206
დიელექტრიკული შეღწევადობა 237
დიეთილამინოეთილცელულოზა 218, 235
დიიზოპროპილეთერი 179
დი-δ-პროპილეთერი 79

ეროვნული ბიბლიოთეკა


დი-δ-ბუთილეთერი 179
დი-δ-ამილეთერი 179
დიკსი ტ. 250
დიმაირი კ. 240
დიმოვი ს. 66
დიმეთილამინობენზალდეჰიდი 76, 78
დიმეთილფორმამიდი 66, 70, 75, 78, 247
დიმეთილბუთანი 178
3,3-დიმეთილბუთანონ-2 179
დიმეთილპენტანი 178
დიმედონი 198
დინიტრობენზოატი 75
3,5-დინიტრობენზოინმჟავა 78
3,5-დინიტრობენზოილქლორიდი 75, 78
2,4-დინიტროფენილჰიდრაზინი 41, 66, 71, 74, 169, 242, 247
2,4-დინიტროფენილჰიდრაზონი 206, 247
დინონილფტალატი 140
დიოქსანი 43, 66, 68, 247
დიპროპილკეტონი 208
დისტილაცია 11, 149
დიტცი ვ. 175, 177
დიფერენციალური დეტექტორი 96
დიფენილი 179
დიფენილბენზოლი 179
დიფუზიის კოეფიციენტი 127, 128
დიქლორეთანი 119, 164
დიციკლოპენტადიენი 178
დოდეკანოლ-2 179
დოზატორი 87, 130, 206
დრაგულესკუ ც. 219
დრავერტი ფ. 146
დურმიშიძე ს. 54, 62
დუბუა ბ. 146

ე

ეგეროვი ი. 36, 41, 43, 66, 70, 71, 74, 75, 146
ეგოროვი ე. 219
ეთანი 176, 178
ეთერი 57, 60, 148, 153, 199, 243
ეთერიფიკაცია 189
ეთერზეთი 151, 240, 242
ეთილის სპირტი 38, 41, 43, 47, 57, 76, 177, 179, 237
β-ეთილფრუქტოზიდი 53
3-ეთილპენტანი 179
δ-ეთილტოლუოლი 179
1-ეთილტეტრალინი 179
ეთილფორმიატი 200, 202
ეთილაცეტატი 43, 60, 119, 177, 179, 200, 202, 206, 207, 237, 247
ეთილპროპიონატი 200
ეთილიზობუთირატი 200
ეთილიზოვალერიანატი 200
ეთილკაპრინატი 196, 197
ეთილკაპრონატი 197, 200
ეთილკაპრილატი 196, 197
ეთილლაურინატი 196, 197
ეთილმირისტინატი 196
ეთილპალმიტინატი 196
ეთილპელარგონატი 196
ეთილენი 178
ეთილბენზოლი 176, 178
ეთილ-δ-ბუთილეთერი 179
ეთილენდიამინტეტრა-ძმარმჟავა 20
ეთილენგლიკოლადიპატი 201, 202
β-ეთილფრუქტოზიდი 53
ეიზენი ო. 146
ელექტრომექანიკური ინტეგრატორი 182
ელექტრონული პოტენციომეტრი 108, 109
ელექტრონების წარმატების დეტექტორი 97, 103, 104, 107, 108
ელექტრული ნული 173
ელუაცია 58, 60, 63, 73
ელუირება 52, 77, 244
ელუატი 48, 51, 244
ელუოტროპული რიგი 236
ემბასელი 116
δ-ენატმჟავა 46, 190
ენანტმჟავაალდეჰიდი 68, 70, 249
ენანტის ეთერი 148
ენოზიდი 62
ეპიგალო კატეხინი 247, 62
ეპიკატეხინი 56, 62, 247
ეპიგალოკატეხინგალატი 62
ეპიკატეხინგალატი 57, 62
ერბომჟავა 46
ერბომჟავაალდეჰიდი 70, 208, 249
ერთჯერადი ქრომატოგრაფია 231
ერთმხრივი ქრომატოგრაფია 20, 30, 32
ერმაკოვი ა. 219
ექსტრაქტი 39, 41, 44, 51, 55, 58, 62, 63, 66, 74, 160, 191, 195, 196

ექსტრაქცია 11, 37, 38, 55, 56, 61, 63, 72, 146, 149, 193
ექსიკატორი 32, 33, 43, 199, 221, 224
ექსტინქცია 49
ექსტრაქტორი 76. 146, 201, 205, 242

## ვ

ვაგნერი ჰ. 218, 240, 146
ვაზი 54, 58
ვაკუუმი 60, 6 , 65, 66, 72, 78, 191
ვაკუუმექსიკატორი 41, 63, 195
ვაკუუმამაორთქლებელი 49, 55, 57, 58, 119, 220
ექკლუზიური ქრომატოგრაფია 16
ვალინი 46, 53
ვალერიანმჟავა 46
ვალერიანმჟავაალდეჰიდი 70, 208
ვალოვი მ. 146
ვალუიკო გ. 62, 240
ვანგი ტ. 146
ვან დეემტერი ტ. 93
ვანილინი 54, 56, 58, 73, 242
ვანილინმჟავა 189
ვაშლრძემჟავა დუღილი 54
ვაშლმჟავა 38, 40, 188, 190, 242
ვეგენერი დ. 145
ვენტილი 88
ვენცლერი ი. 36
ვეირევი ი. 206
ვერსამიდი-900 141
ვერცხლისწყალი 50
ვილფორტი ე. 145
4-ვინილციკლოჰექსანი 178
ვინტერშტაინი ა. 9
ვიტენბერგი ა. 146
ვოლინეცი მ. 219
ვოლკოვი ს. 146
ვოლფრამი 98
ვიურდუ ტ. 206

## ზ

ზაალი პ. 93
ზაპრომეტოვი მ. 54
ზაჰარია მ. 219
ზელვენსკი 146
ზიკინა ტ. 60
ზლატკისი ა. 146
ზუბიკი ვ. 121
ზუიდერვეგი ვ 93

## თ

თაბაშირი 217, 221, 235, 237, 242
თბოგამტარობა 98, 89
თბოგამტარობის დეტექტორი 97, 100, 115, 88, 26, 177
თეორიული თეფში 91, 137, 138
თერმისტორი 99, 89
თერმოიონური დეტექტორი 104, 107, 108
თერმოსტატი 81, 87, 94, 102, 108, 109, 124, 171, 246, 248
თერმორეგულატორი 109
თერმოიზოლაციური აგური 115
თვითმწერი 87, 89, 101, 167, 173
თითბერი 87, 94
თიობარბიტურმჟავა 249
თხევადი ფაზა 11, 13, 114, 88, 129, 138, 202
თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია 149, 214

## ი

იაზლოვეცკაია ვ. 146
იასამნის ალდეჰიდი 73
იაშინი ი. 146
იგეპალ CO-880 141
იდენტიფიკაცია 158, 163, 162, 165, 166
იზმაილოვი ნ. 214
იზოვალერიანმჟავა 200
იზოვალერიანმჟავაალდეჰიდი 68, 208, 249
იზოამილის სპირტი 77, 202
იზოამილაცეტატი 177, 179
იზოამილკაპრილატი 200
იზოამილალდეჰიდი 247
იზობუთანი 178
იზობუთანოლი 54, 77, 177, 179
იზობუთილენი 178
იზობუთილალდეჰიდი 247
იზობუთილკაპრონატი 200
იზოერბომჟავა 200
იზოერბომჟავაალდეჰიდი 68, 208
იზოლეიცინი 53
იზოთერმული ქრომატოგრამა 133, 195
იზოთერმული რეჟიმი 106, 111, 133, 191, 193, 200
იზო-პარაფინები 176, 178
იზოპროპანოლი 179, 200

იზოპროპილაცეტატი 177, 179, 202
იზოპრენი 178
იზოპენტანი 178
იზოპროპილენბენზოლი 179
იკედა რ. 146
ინდიკატორი 7, 40, 65, 225, 229
ინოზიტი 185
ინტეგრალური დეტექტორი 96
ინფუზორული მიწა 13
ინფრაწითელი სპექტროსკოპია 152, 153, 160, 171
იოდი 239, 243
იონიზაციური დეტექტორი 100, 129, 147
იონური დენი 102
იონიზაცია 103
იონიზაციის კვეთის დეტექტორი 104
იონმცვლელი ფისები 50, 51, 218, 219
იონცვლითი ქრომატოგრაფია 15, 215
იონიტი 15, 47, 49, 50
β-იონონი 244
ირიბი კალიბრირება 180

## კ

კავალინი დ. 36
კათიონი 15, 19, 219
კათიონიტი 15, 50
კაიახარა კენძი 147
კაიზერი რ. 140
კალიუმის ტუტე 118, 220, 250
კალციუმი 19
კალციუმის ფოსფატი 218
კალტენბახი უ. 214, 233
კალდეეი ჰ. 214
კამენშჩიკოვი ვ. 206
კანი ჯ. 206, 146
კანანაძე თ. 44
კაოლინი 13
კაპილარი 31, 35, 206, 225, 229
კაპილარული სვეტი 87, 94, 95—100, 112, 122—126, 135, 202, 203
კაპრინმჟავა 46
კაპრილმჟავა 200
კაპრილმჟავაალდეჰიდი 70
კაპრონი 58, 64, 218
კაპრონმჟავა 46, 200
კაუმჟავა გელი 125, 151, 117
კარბონილური ნაერთები 43, 149, 152, 205, 206—208, 243
კარბოქსიმეთილცელულოზა 218, 235
კარბოვაქსი 139, 140, 196, 197, 201, 202
კატარომეტრი 88, 96, 97—100, 106—111, 143, 167
კატეხინები 54, 55, 56, 57, 244, 247
კეილემანსი ა. 146, 93
კელერი გ. 214
კეპნერი რ. 146, 147
კერისი ე. 147
კეროლი რ. 146
კეტონები 103, 176, 179, 206, 247
კეტოგლუტარმჟავა 41, 43, 206, 207
კეტომჟავა 36, 41—43
კვერცეტინი 55, 56, 62
კვერცეტრინი 55, 56
კიზელგური 115, 116, 217, 224, 234, 235
კიზელგელ-G 219, 250
კირკლენდი ჯ. 146
კირხნერი ლ. 240, 214, 247
კისელჲოვი ა. 146
კჲუვეტი 43, 45, 48
კლარკის ბუფერი 44, 45
კლასონი ს. 98
კლერტი 58
კლინკენბერგი ა. 93
კოვტუნოვი ვ. 206
კოლცოვი ს. 216
კოლესნიკოვი დ. 64
კოლიდინი 49
კონიფერილალდეჰიდი 73, 75
კონერი ჰ. 146
კონერი ა. 121
კონიაკის სპირტი 66, 147, 197, 201, 244, 247
კონდენსაცია 99, 102, 58, 140, 167, 170, 218
კონდენსირება 139, 171
კონსდენი რ. 17, 46, 37
კონცენტრაციული დეტექტორი 96
კორდონიე რ. 146
კოროზია 104, 128
კოტიე ა. 54
კოფეინმჟავა 62
კოხი ი. 197
კოხის აპარატი 79
კრემერი ე. 85
კრილოვა ნ. 146, 206

ეროვნული ბიბლიოთეკა


კროტონალდეჰიდი 247
კროველი ე. 146, 196
კუანტეზი ა. 93
კუმიდერი ი. 146, 205
კუზნეცოვა ა. 217
კუმარინი 62
კუნი რ. 9
კურკო ვ. 146, 153, 170, 171


## ლ


ლაბორატორიული ქრომატოგრაფი 105
ლაგი ჯ. 26, 36
ლამპერლე ე. 147
ლანგლუა უ. 139
ლა-რო ე. 146
ლჟასკოვსკაჟა ი. 146, 206
ლაქტოზა 53
ლაშხი ა. 39, 47, 49, 79, 207, 208
ლედი ჯ. 36
ლეიბნიცი ე. 146
ლეიცინი 53
ლევულინის მჟავა 206
ლესნოვი პ. 240
ლიდერერი ვ. 9
ლიზინი 53
ლიმონმჟავა 38, 40, 48, 54, 185, 188, 242
ლიმონ-ვაშლმჟავა 54, 242
ლინალოოლი 244
ლიპისი ბ. 146
ლიპიდები 236
ლიპოფილური ნაერთები 19, 235
ლიტვინენკო ვ. 64, 240, 247
ლიჩევი ვ. 66, 146
ლოზა ვ. 54, 63, 64, 66
ლოზერი ს. 36
ლუისი მ. 146


## მ


მაგნიუმი 19
მაგნიუმის სულფატი 196
მაგნიუმის ფოსფატი 218
მაგნიუმის სილიკატი 218
მაზუროვა ტ. 26
მათიასის მეთოდი 59, 232
მაიერჰოფერი ო. 36
მაინილი გ. 247, 219
მაინჰარდი ი. 214
მაკდონალდი ფ. 12
მაკ-ნეირი გ. 146, 161, 162
მალვიდოლი 62, 65
მალტაბარი ვ. 146
მალტოზა 53
მამაკოვა ზ. 146, 148
მანიტი 185, 190, 193
მანომეტრი 88
მანუილოვა ტ. 146
მარილმჟავა 20, 41, 47, 74, 79, 189, 242
მარკუსი რ. 247
მარსე ჰ. 147
მარტინი ა. 17, 85, 104
მარტინი გ. 147, 187
მარტივი ეთერები 176, 179
მარხი ა. 60
მასს-სპექტრომეტრია 152, 160, 167
მასუდა მ. 146
მაფლუორესცირებელი ნივთიერებები 28
მაქსჟუტინა ნ. 64
მაცეკი კ. 20, 53, 61, 218
მაცერაცია 244
მაძღარი ნახშირწყალბადები 236
მეზო-ინოზიტი 190
მეთანი 176, 178
მეთანოლი 60, 61, 64, 126, 179, 202, 237, 242, 250
მეთილ-δ-ამილკეტონი 179
მეთილაცეტილენი 178
2-მეთილბუთანოლი-2 179
3-მეთილბუთენ-1 178
2-მეთილბუთენ-1 178
მეთილგლიოქსალი 247
მეთილეთილკეტონი 179, 208, 247
მეთილენის ქლორიდი 146
მეთილიზოამილკეტონი 179
მეთილიზობუთილკეტონი 179
2-მეთილპენტენ-2 178
მეთილსილიკონური სითხე 141
1-მეთილტეტრალინი 179
მეთილციკლოჰექსანი 176, 178
მეთილციკლოპენტანი 176
მეთილწითელი 44
მეთილჰექსანი 178
მეთილ-δ-ჰექსილკეტონი 179
მეთილენის ქლორიდი 196
მეთილირება 151

მეთილკეტონები 169
მეთიონინი 53
3-მეთილპენტანოლ-1 179
მეკე რ. 147, 148
მეტალური ნატრიუმი 75
მეტალორგანული ნაერთები 103
მეტიკი ლ. 185, 190
მთრიმლავი ნივთიერება 17, 36, 37, 57, 240
მიკროდასატვირთი სვეტი 94
მიკროდამჭერი 167
მიკროკულონომეტრული დეტექტორი 104
მიკროპიპეტი 31, 35, 40, 47, 225, 229
მიკროშპრიცი 88, 157
მილდაკოვი ვ. 146
მილერი ი. 140, 214, 247
მინერალურ-ორგანული იონიტები 219
მინის მძივები 116, 118
მინის ფქვილი 116
მინის ბურთულები 114
მისადგმელი 110
მნჯოიანი ე. 77, 240, 244
მოლეკულური საცრები 15, 138, 218, 140, 141
მოლერი კ. 36
მონოგლიუკოზიდები 62, 65
მონასტირსკი ვ. 64
მოიერი ი. 185
მორი სიუკრო 147
მოხნაჩოვი ი. 206
მჟაუნმჟავა 38, 40, 220
მრავალატომიანი სპირტები 184, 185, 189
მრავალჯერადი ქრომატოგრაფია 231
მუნი ე. 139
მიულერი რ. 85
მიუნკი მ. 12
მუხის ტანინი 56
მყარი გადამტანი 13, 88, 112, 114, 115—121, 122, 142

ნ

ნაკადის სიჩქარე 126, 135, 137
ნაკადის მზომი 88
ნაკადური დეტექტორი 96
ნაკაბაიაში ტ. 54
ნატრიუმი 19, 50, 241
ნატრიუმის ბიკარბონატი 65, 207
ნატრიუმის ბისულფიტი 71, 74, 150
ნატრიუმის სულფატი 149, 201, 202, 249
ნატრიუმის მარილი 50
ნატრიუმის ტუტე 41, 44, 74, 220, 242, 250
ნატრიუმის სულფანილატი 46
ნაფტალინი 179
ნაფტენები 176
ნაფტილამინი 46, 78
α-ნაფტილიზოციანატი 199
ნაჩევა ტ. 201
ნახშირი 138, 235, 241
ნახშირმჟავა გაზი 65
ნახშირმჟავა კალციუმი 199
ნახშირმჟავა ნატრიუმი 43
ნახშირწყლები 184, 181, 189
ნახშირწყალბადები 103, 134
ნეიმარკი ი. 216
ნეოპენტილგლიკოლადიპინატი 141
ნეოპენტანი 178
ნეოპენტილგლიკოლადიპატი 196
ნიდერვისერი ა. 146
ნინჰიდრინი 47—49, 51
ნიკელი 50, 99
ნიკიტინა ლ. 219
ნიკენენ ლ. 146
ნიკოლი გ. 146
ნისიმურა კ. 146
ნისი სუეო 206
ნიტრატები 103
ნიტრილები 103
n-ნიტროზოდიმეთილანილინი 61
ნიტროქრომის მჟავა 169
2-ნიტროტერეფტალმჟავა 196
ნიშიდა ს. 54
ნოვიკოვი პ. 219
ნონანი 166, 176, 178
ნონანონ-2 179
δ-ნონილალდეჰიდი 247
ნოზელი პ. 36
ნუკლეინმჟავა 17
ნულოვანი ხაზი 88, 92, 97, 101, 11[illegible] 129, 132, 138, 142, 162, 183, 184
ნულოვანი ხაზის დრეიფი 99, 184
ნუცუბიძე ნ. 54, 56, 62

ო

ოვერელი ბ. 26, 36
ოთხქლორიანი ნახშირბადი 237
ოლეფინები 176, 178

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ონო კ. 247
ოპტიკური სიმკვრივე 60, 68, 69
ორალოვანი დეტექტორი 164
ორგანული მჟავები 17, 22, 36—46, 50, 184—190, 240
ორმხრივი ქრომატოგრაფია 20, 30, 33, 50, 55, 59, 61, 232
ორქლორიანი კალიუმი 75
ოუფი კ. 147, 193
δ-ოქსიბენზალდეჰიდი 62
β—β-ოქსიდიპროპიონიტრილი 207
ოქსიცელულოზა 19
8-ოქსიხინოლინი 20, 53
ოქტანი 166, 176, 179
ოქტილალდეჰიდი 247
ოშიმა ი. 54

## პ

პანქრომატოგრაფი 94
პარაგულგოვი ო. 146
პარაოქსიბენზალდეჰიდი 75
δ-პარაფინები 176
პატაკი ჟ. 146
პაულის რეაქტივი 61
პელარგონმჟავა 46
პენტანი 75, 146, 148, 160, 176, 195, 198, 201, 202, 242
პენტანოლი 179
პენტენ-1 178
პეონიდოლი 62, 65
პეპტიდები 19
პერი ს. 146
პერი კ. 240
პესტიციდები 104
პეტრი ვ. 54
პეტრონე ტ. 249
პეტროლეინის ეთერი 22, 70, 244, 247
პეტიტი ი. 219, 247
პეტუნიდოლი 62, 65
პიკი 89, 102, 116, 126, 137, 162
პიკის მაქსიმუმი 92, 161, 184
პიკის ფართობი 96, 130, 134, 163, 164, 173, 174, 177
პიკის სიგანე 162, 182
პიკის სიმაღლე 162, 182, 183, 184
პიკის ფუძე 162
σ-პიკოლინი 49
პიპეტი 35, 40, 229
პირიდინი 75, 76, 78, 185, 187, 189
პირესი რ. 36
პირექსი 219
პიროყურძნის მჟავა 41, 43
პისარნიცკი ა. 198, 242, 239, 240, 146.
პიტრა ჯ. 248
პლანიმეტრი 182, 183
პლანიმეტრირება 183
პლატინა 98
პლექსიგლასი 223
პოლიამიდი 64, 65, 218, 235, 244
პოლიამიდური სორბენტი 58, 63
პოლიამიდური ფხვნილი 218
პოლიგლიკოლი 153
პოლიეთილენგლიკოლი 113, 125, 139, 140, 153, 200—202
პოლიეთილენგლიკოლადიპატი 202, 205
პოლიეთილენგლიკოლადიპინატი 141
პოლიკაპროლაქტამი 218
პოლიმერული მესერი 16
პოლისახარიდები 217
პოლიფენოლი 60, 61
პოლოჰექსამეთილენდიამინადიპინატი 218
პოლოჟენცევა ნ. 146
პოლსტერი ა. 240
პომპეი კ. 240
პოროპაკ-Q 193
პრეტორიუსი ვ. 146
პრილინგერი ფ. 146
პრაიორი ფ. 85
პროგრამატორი 109
პროლინი 46, 53
პროპადიენი 178
პროპანი 176, 178
პროპილენბენზოლი 179
δ-პროპილის სპირტი 77, 179
პროპილენი 178
პროპიონმჟავა 46, 200
პროპიონმჟავაალდეჰიდი 68, 70, 208, 247, 249
პროტოკატეხის მჟავა 62
პროტოკატეხის ალდეჰიდი 73
პულვერიზატორი 40, 48, 81, 225, 229—230
პუპუტი ე. 146
პურმანი ლ. 54

ეროვნული ბიბლიოთეკა


## ჟ

ჟუხოვიცკი ა. 146
ჟანგბადი 126, 128

## რ

რადიალური ქრომატოგრაფია 214, 232
რადიოიზოტოპი 27
რაზგონი დ. 219
რაინჰარდი კ. 146
რაისი ა. 185, 190
რანდერატი კ. 240
რაპი ა. 146
რაფინოზა 53
რაშიგის რგოლები 70
რახის ზეთები 199
რეზინის საფენი 88, 139, 148, 157
რეზორცინი 79
რეომეტრი 88
რეოპლექს-400 141
რექტიფიკაცია 149
რთული ეთერები 149, 154, 176, 196—201, 202, 205
რიბერო-გაიონი პ. 54, 146, 189
რიბერო-გაიონი რ. 54
რიბერო-გაიონი ი. 62
რიმანი ვ. 146
რიო ვ. 250, 240
რკინა 19, 20, 50
რკინის შაბი 56, 57
რკინაამონიუმი 55, 54
როდანამონიუმი 216
როდოპულო ა. 36, 38, 43, 66, 70, 75, 148, 146, 198, 205
როლზი ჯ. 206
როზი დ. 177, 183
როსი ე. 54
როსმასი ლ. 247
როტამეტრი 88
როტორული ამაორთქლებელი 194, 244, 251
რუტინი 62
რძემჟავა 40, 190, 191, 242

## ს

სააკიანი ა. 244, 240
სააკიანი რ. 240, 244
სადისტილაციო სვეტი 92
სავინოვი ი. 146
საკალიბრო გრაფიკი 69, 77, 180, 186, 191, 193, 198
სალნიკოვა გ. 146
საკოდინსკი კ. 146
საპონჯიანი ს. 36—39
საფეხურებიანი ქრომატოგრაფია 231
საქაროზა 53, 80
საღებავი ნივთიერებები 36, 37, 60, 62, 64, 65, 235, 244
სახამებელი 12, 214, 221, 247
სელექტურობა 91, 104, 112, 132
სერინი 46, 54
სეფადექსი 218
სვეინი ტ. 54
სვეტის ეფექტურობა 13, 91—93, 113, 119, 114, 125, 130, 132
სვეტის ტემპერატურა 130, 131, 154, 155, 161, 162
სვეტის სტაბილიზაცია 142
სვეტის შემავსებელი 119, 124, 132, 130, 137, 188, 190, 193, 195, 198, 200, 201, 203—208
სიგლეტონი ვ. 54
სჯენიტცერი ფ. 93
სითხურ-სითხური ქრომატოგრაფია 14
სიკორსკი ზ. 146
სილანურ წარმოებულები 185—192
სილანიზირებული ქრომოსორბი-W 201, 202
სილიკაგელი 12, 15, 138, 141, 216, 224, 234, 235, 237, 242, 247, 248
სილიკონური ზეთი QF-1 (ტრიფტორ-პროპილმეთილსილიკონური სითხე) 141
სილიკონური ზეთი DC-200 (მეთილსილიკონური სითხე) 141
სილიკონური კაუჩუკი 141
სილოსელი 115, 116
სიმკვრივის მზომი 110
სიმკვრივის დეტექტორი 104
სიმონი ე. 146
სინკოტა ჯ. 146, 153
სინჯი რ. 17, 85
სისაკიანი ნ. 17, 46
სკვალანი 113, 125, 141
სკოტი რ. 146
სობოლევი ე. 64

ეროვნული ბიბლიოთეკა


სოლდატენკოვი ს. 26
სორბიტი 194
სორბენტი 10, 15, 65, 215, 216, 221, 234, 237
სორბტივი 15
სორბცია 91, 235
სორბციული მასა 220, 221, 223, 246, 248
სორბინმჟავა 240, 249—251
სორბენტის შემაგრებული ფენა 218, 220, 222, 225, 227, 239, 248
სორბენტის შეუმაგრებელი ფენა 218, 220, 224, 225, 239, 247
სოფრომაძე ა. 62
სოქსლეტი 37, 72, 74
სპექტრომეტრია 129, 153, 244
სპილენძი 19, 20, 50, 126, 94
სპირტები 22, 103, 176, 199
სტაბილიზაცია 143
სტანდარტული ხსნარი 185, 188, 193, 194, 198, 250
სტენინი ვ. 146
სტერბა ჯ. 248
სტეროიდები 235
სტერხამოლი 115
სტეფენზი რ. 206
სტივენსონი რ. 12
სტოლდაროვი ბ. 146
სტორსი ე. 146
სტრატინგი ი. 147
სტურუა ზ. 240
სულო ქ. 187
სუპერ-გელი 185


## ტ


ტატეო ფ. 146
ტემპერატურული რეჟიმი 188, 190, 191, 193, 195, 196, 198, 200, 201—208
ტენ ჰოოპენი ჰ. 206
ტერპენები 121, 151, 243
ტერპენული ნახშირწყალბადები 151
ტესლერი ა. 206
ტეტრადეკანი 178
ტეტრალინი 179
ტიროზინი 53
ტოლუოლი 61, 99, 176, 178, 247, 250
ტოლმაჩოვი ვ. 54, 64, 66
ტოჩი ჯ. 36
ტრიფტორპროპილმეთილ-სილიკონური სითხე 141
ტრეონინი 46, 54
ტრანგულაცია 182
ტრანს-დეკალინი 179
ტრანს-ბუთენ-2 178
ტრანს-პენტენ-2 178
ტრაპე ვ. 237
ტრიგლიცერიდები 235
ტრიდეკანი 166
ტრიეთილენგლიკოლი 153
2, 4, 4-ტრიმეთილპენტენ-1 178
2, 2, 4-ტრიმეთილპენტანი 179
1, 2, 4-ტრიმეთილბენზოლი 179
1, 3, 5-ტრიმეთილბენზოლი 179
2, 2, 3-ტრიმეთილბუთანი 178
ტრიმეთილქლორსილანი 185, 187, 191
1, 2, 3-ტრი-(2-ციანეტოქსი) პროპანი 141
ტრიტიუმის წყარო 103
ტრიფენილმეთანი 179
ტრიფტოფოლი 190
ტრიფტორძმარმჟავა 189
ტაუკავკინა ნ. 240, 247
ტურეკი ვ. 146
ტურკელტაუბი ნ. 146
ტყვიის მარილები 38
ტყავის ფხვნილი 37


## უ


უები ა. 146
უისასი ი. 147, 148, 206
უიტსტონის ხიდურა 98
ულანოვა მ. 240
ულტრაიისფერი არე 28, 61, 63, 167, 243
ულტრახემისკოპი 28
ულტრაბგერითი დეტექტორი 105
უმაღლესი ალკოჰოლები 75, 77, 148, 154, 160, 195, 198, 202, 205, 206
უნდეკანის მჟავა 185, 166
უნდეკანი 178
უოლები რ. 146
უოლტონი გ. 146
ურეტანები 199
უსეგლიო ტ. 206

ეროვნული ბიბლიოთეკა

უძრავი ფაზა 11, 102, 112, 135, 138, 236
უძრავი ფაზის ეფექტურობა 91

ფ

ფაინლანდი რ. 146, 153
ფამინცინი ა. 54
ფართობის ნორმირება 173
ფარნეზოლი 244
ფედჟანინი ა. 205, 167
ფენილალანინი 53
ფენოლი 19, 46, 49, 51, 53, 79, 152
ფენილჰიდრაზინი 41
ფენილეთილის სპირტი 244
ფენოლფტალეინი 51
ფერტმანი გ. 240
ფერულმჟავა 62
ფილტრატი 39, 49, 50, 51, 55
ფინკი კ. 36
ფიშკი რ. 36
ფისი 15, 19, 80, 194
ფლავონები 235
ფლორიზილი 141, 218
ფლოროგლუცინი 72, 73, 74
ფლუორესცირებული ნაერთები 61, 238
ფჟოდოროვი ა. 146
ფონგი დ. 147, 193
ფორმალდეჰიდი 68, 70, 169, 247
ფოროვანი მინა 15
ფოსფორმჟავა 238
ფოსფატური ბუფერი 20, 51, 53
ფოსფორილირებული ცელულოზა 235
ფოსფორმოლიბდენის მჟავა 247
ფოსფორის ანჰიდრიდი 194, 221
ფოსფორული დეტექტორი 97, 104
ფოტოელექტროკოლორიმეტრი 43, 48, 60, 68, 69
ფოტოდენსიტომეტრი 30, 242
ფრეი ა. 145
ფროიდენბერგი კ. 54
ფროლოვა ჟ. 146
ფროლოვსკი პ. 146
ფრონტალი ნ. 36
ფრუქტოზა 53, 80, 185, 190
ფრჟუხტერი ს. 219
ფუმარმჟავა 38, 40, 188
ფურფუროლი 68, 70, 247, 249
ფუსენი ა. 146
ფუქსინი 169
ფუქსინგოგირდოვანი მჟავა 169
ფტალის მჟავა 206
ფტოროალკილსილიკონის პოლიმერი 194
ფტოროპლასტი 110

ქ

ქარვამჟავა 38, 40, 185, 188, 190, 242
ქვიშა 187
ქლოროგენმჟავა 62
ქლორკალციუმი 63, 224
ქლორწყალბადი 128, 218
ქლოროფორმი 119, 126, 78, 237, 242, 250
ქრომატოგრაფი 108—111, 87—89, 139, 156
ქრომატოგრამა 7, 18, 96, 133, 115, 161
ქრომატოგრაფიული ქაღალდი 19, 31, 39, 43
ქრომატოგრაფიული ფირფიტა 225, 232, 233, 241, 246, 248, 250
ქრომატოგრაფიული კამერა 24, 33, 43, 46, 225—229, 248
ქრომატოგრაფიული ნავი 25, 31, 48
ქრომატოგრაფიული სვეტი 7, 87, 89—93, 94—95, 109, 114, 115, 121—126, 129, 138, 145, 155, 161, 170, 173, 182, 188, 190, 191, 193, 195, 196, 198, 200, 201—203
ქრომოსორბი 115, 118, 188, 196, 197, 198, 153, 191, 202, 203, 207
ქსილოლი 178, 179
ქსილენოლფოსფატი 141

ღ

ღვინომჟავა 54, 185, 188, 190, 241, 242
ღლონტი თ. 38, 202, 247, 46, 69, 149

ყ

ყანდარელი ც. 207
ყინულოვანი ძმარმჟავა 56—59, 62, 65, 244
ყლორტი 55
ყურძენი 54, 62, 146, 167, 244

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ყურძნის კლერტი 244
ყურძნის ტკბილი 36, 54, 56, 57, 60, 65, 185, 240, 241

## შ

შალნევა გ. 54
შამპანდოლი ფ. 240
შარდოვანა 51, 54
შაქრები 17, 50—52, 79, 235
შეკავებული მოცულობა 114, 119, 130, 131, 133, 158, 159, 161, 165
შეკავების დრო 114, 159, 161, 164, 165
შეკავების გაზომილი დრო 163
შეფარდებითი შეკავებული მოცულობა 162
შეფარდებითი კალიბრირება 180
შემავსებლის მასა 120, 121, 124, 158, 191, 196
შემდაკინი ფ. 146
შელარდი ე. 229
შესწორების კოეფიციენტი 96, 98, 173, 174—179
შესწორებული შეკავებული მოცულობა 161
შეუსწორებელი შეკავებული მოცულობა 161, 163
შეუღლებული კარბონილები 103
შთანთქმის მაქსიმუმი 243
შინაგანი სტანდარტი 181, 185, 186, 187, 190, 191, 193, 196
შინაგანი სტანდარტიზაცია 180
შინგლდარი მ. 146
შიპლი პ. 146
შკოლნიკი რ. 37
შმიდტი ჰ. 251
შოენემანი რ. 187
შორმდულერი 206
შოსტაკოვსკი მ. 240, 247
შპრიცი 88, 157—158, 229
შრაიბერი მ. 214
შორნი პ. 214
შტალი ე. 214, 235, 240, 247, 233
შტალის ხელსაწყო 222
შტრდუპე გ. 146
შუბერტი ტ. 61

## ჩ

ჩაის ტანინი 62
ჩელექს-100 219

## ც

ცელულოზა 12, 14, 19, 217, 218, 221, 235, 241, 244
ცელულოზის ფხვნილი 235
ცეტილი 116, 117, 118, 139, 170, 171, 185, 187, 207, 218
ცენტრიფუგი 43, 185, 187, 188, 190, 191
ცენტრიფუგირება 71, 197, 199, 244
ცეოლიტები 141, 219
ცეტლინი ბ. 219
ცვეტი მ. 7, 108
ციანიდოლი 62
ციკლოპენტანი 176
ციკლოპენტანოლი 179
ციკლოპენტანონი 179
ციკლოჰექსანი 176, 237
ციკლოჰექსანოლი 71, 179
ციკლოჰექსანონი 179, 247
ციკლოპენტადიენი 178
ციკლოპენტენი 178
ცილები 20
ცის-ბუთენ-2 178
ცის-დეკალინი 179
ცის-პენტენ-2 178
ცისტეინი 54
ციტრატფოსფორის ბუფერული ხსნარი 47
ცხიმოვანი მჟავები 44, 113, 114, 148, 154, 166, 235
ცხოველური ნახშირი 37, 39

## ძ

ძამარონი ფ. 12
ძმარი 244
ძმარმჟავა 20, 23, 46, 47, 51, 55, 60, 62, 200, 217, 220, 249
ძმარმჟავაეთილეთერი 56, 250
ძმარმჟავა ტყვია 38, 39, 185, 187
ძმარმჟავა ტყვიის ტუტე ხსნარი 80
ძმარმჟავა ანჰიდრიდი 194
ძმარმჟავაალდეჰიდი 68, 208

ეროვნული ბიბლიოთეკა


წ

წიპწა 55, 58, 66, 71, 72
წრფივი დიაპაზონი 97, 100, 102, 173
წრიული ქრომატოგრაფია 30—32
წყალბადი 13, 102, 126, 127, 128
წყალბადის ზეჟანგი 249

ჭ

ჭიანჭველმჭამავა 37, 38, 40, 51, 54, 200, 241, 249, 250
ჭაჭა 244

ხ

ხაისი ი. 20, 218, 53, 61
ხარისი ვ. 85, 146
ხაჩიძე ვ. 66
ხენიმენა დ. 217, 240
ხებგუდი გ. 85, 146
ხვედრითი თბოგამტარობა 127, 128
ხვედრითი შეკავებული მოცულობა 114
ხილული არე 63
ხიროსავა რ. 146
ხუთქლორიანი ვერცხლისწყალი 242
ხარჯის დიფერენციალური რეგულიატორი 99

ჯ

ჯეიმსი ა. 85
ჯეკობსი ე. 153
ჯემუხაძე კ. 54, 58
ჯენინგსი ვ. 146
ჯენტელინი ლ. 146
ჯერე დ. 12

ჰ

ჰაგენ-სმიტი ა. 146
ჰადენი ნ. 12
ჰაიზე რ. 54
ჰალერი ჰ. 146
ჰალოგენშემცველი ნაერთები 104
ჰალპააპი ჰ. 240
ჰანი ი. 30
ჰევკესი ს. 139
ჰელიუმი 13, 102, 126, 127, 188, 200
ჰელიუმი დეტექტორი 104
ჰელეზი ი. 175
ჰენიგი კ. 54, 36
ჰენიგი ე. 145
ჰენრის კანონი 90
ჰენრის კოეფიციენტი 90
δ-ჰეპტილაცეტატი 179
δ-ჰეპტილალდეჰიდი 247
ჰეპტანი 176, 178, 237
δ-ჰეპტანოლი 79, 179
ჰერმანი კ. 36, 54, 240, 244
ჰესი დ. 197
ჰესპერიდინი 62
ჰექსანი 151, 166, 176, 178, 237, 247
ჰექსადეკანი 141
ჰექსამეთილენდიამინი 218
ჰექსამეთილდისილაზანი 185, 187, 189, 191
ჰექსანოლი 77, 179, 193
ჰექსანონი 179
ჰექსანდიოლი 179
δ-ჰექსილალდეჰიდი 68, 70, 247, 249
ჰიდრაზონები 41, 66, 68
ჰიდროლიზი 50, 61, 151
ჰიდროკარბონატის ხსნარი 50
ჰიდროფილური ნივთიერება 21, 234
ჰიდროფობული ქაღალდი 21
ჰიდრომჭავები 219
ჰიდროქსილამინი 169
ჰოლი ნ. 214
ჰოლერი ჰ. 248
ჰოლი ი. 36
ჰორვატიში ჰ. 146
ჰორჰამერი ლ. 218, 240
ჰოუკსი ს. 139

ეროვნული
ბიბლიოთეკა

## სარჩევი

წინასიტყვაობა . . . . . 3
შესავალი . . . . . 7
ქრომატოგრაფიული მეთოდის არსი და ქრომატოგრაფიის სახეები . . . . 10

I. ქაღალდის ქრომატოგრაფია

ზოგადი ნაწილი

მეთოდის პრინციპი და არსი . . . . . 18
ქრომატოგრაფიული ქაღალდი . . . . . 18
გამხსნელი . . . . . 23
ქრომატოგრაფირებისათვის საჭირო მოწყობილობა . . . . . 24
*Rf*-ის გამოანგარიშება . . . . . 25
თვისებრივი განსაზღვრა . . . . . 26
რაოდენობრივი განსაზღვრა . . . . . 29
ქაღალდის ქრომატოგრაფიის სახეები . . . . . 30
საწყისი ლაქის მდებარეობის, ფორმისა და ზომის განსაზღვრა . . . 36

სპეციალური ნაწილი

**ყურძნის პროდუქტთა ანალიზი ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდით** . . 36
ორგანული მჟავების განსაზღვრა ყურძნის ტკბილში, ღვინოსა და კონიაკის სპირტში . . . . . 36
ამინომჟავათა განსაზღვრა ღვინოში . . . . . 46
ამინომჟავების, შაქრებისა და ორგანული მჟავების განსაზღვრა . . . 50
ფენოლურ ნაერთთა განსაზღვრა ვაზში, ყურძნის წვენსა და ღვინოში . . 54
ანტოციანების განსაზღვრა ყურძენში . . . . . 62
საღებავი ნივთიერებების განსაზღვრა ყურძნის ტკბილსა და ღვინოში . 64
ალიფატური და არომატული ალდეჰიდების განსაზღვრა ყურძნის წიპწაში, ღვინოსა და კონიაკის სპირტში . . . . . 66
უმაღლესი ალკოჰოლების განსაზღვრა კონიაკის სპირტში . . . . . 75
შაქრების განსაზღვრა ვაზში . . . . . 79

II. გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფია

ზოგადი ნაწილი

1. **გაზური ქრომატოგრაფი და მისი ძირითადი კვანძები** . . . . . 87
ქრომატოგრაფიულ სვეტში მიმდინარე პროცესების ფიზიკური არსი . . 89
სვეტის ეფექტურობა . . . . . 91

ეროვნული ბიბლიოთეკა

ქრომატოგრაფიის ცალკეული კვანძები . . . . . .
ლაბორატორიული ქრომატოგრაფები . . . . . 105
**2. ქრომატოგრაფიული ანალიზის ძირითადი ეტაპები** . . . . . 111
ა. ქრომატოგრაფის სამუშაოდ მომზადება . . . . . 112
უძრავი თხევადი ფაზა და მისი შერჩევა . . . . . 112
მყარი გადამტანი . . . . . 115
მყარი გადამტანის ზედაპირის უძრავი თხევადი ფაზით დაფარვა . . . 118
ქრომატოგრაფიული სვეტის დატვირთვა . . . . . 121
ქრომატოგრაფიული სვეტის შერჩევა და მომზადება . . . . . 122
სვეტის შენახვა და მოვლა . . . . . 124
გადამტანი გაზი . . . . . 126
სამუშაო ტემპერატურის რეგულირება და შერჩევა . . . . . 129
ქრომატოგრაფიული ანალიზის დაპროგრამებული ტემპერატურული რეჟიმი 132
ბ. საკვლევი ნიმუშის საანალიზოდ მომზადება . . . . . 145
ექსტრაქცია და მისი სახეები . . . . . 146
მრავალკომპონენტიანი რთული ნაზავების წინასწარი დაყოფა მარტივ ნაერთებად . . . . . 149
წყლის დიდი რაოდენობის შემცველი ნაზავების ანალიზი . . . . . 152
ქრომატოგრაფიული ანალიზისათვის მომზადება . . . . . 153
ნიმუშის შეტანა ქრომატოგრაფში . . . . . 156
გ. ქრომატოგრაფირების შედეგების შეფასება
თ ვ ი ს ებ რ ი ვ ი ანალიზი . . . . . 158
ქრომატოგრამის გაშიფრვა . . . . . 163
საკვლევი ნაზავის კომპონენტთა იდენტიფიკაციის ხერხები . . . . 165
თვისებრივი ფერადი რეაქციები . . . . . 168
ქრომატოგრაფიული სვეტიდან გამომავალი კომპონენტების შეგროვება . 170
რ ა ო დ ე ნ ო ბ რ ი ვ ი ანალიზი . . . . . 172
ფართობების ნორმირება . . . . . 173
აბსოლუტური კალიბრირება . . . . . 179
შინაგანი სტანდარტიზაცია . . . . . 180
ქრომატოგრაფიული პიკის ფართობის გამოთვლის გრაფიკული ხერხები . 182

## სპ ე ც ი ა ლ უ რ ი ნ ა წ ი ლ ი

**ყურძნის პროდუქტთა გაზურ-ქრომატოგრაფიული ანალიზის მეთოდები**
ორგანული მჟავების, ნახშირწყლებისა და მრავალატომიანი სპირტების განსაზღვრა . . . . . 184
უმაღლესი ალკოჰოლების, რთული ეთერებისა და აქროლადი მჟავების განსაზღვრა . . . . . 195
კარბონილური ნაერთების ანალიზი . . . . . 206

## III. თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია

## ზ ო გ ა დ ი ნ ა წ ი ლ ი

**ქრომატოგრაფირების არსი, მუშაობის ტექნიკა, მასალები და მოწყობილობა** . 215
მეთოდის არსი . . . . . 215
სორბენტები . . . . . 216
ქრომატოგრაფიული ფირფიტის მომზადება . . . . . 219

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის ძირითადი მოწყობილობა . . . . 225
ქრომატოგრაფიის სახეები . . . . . 231
საკვლევი ნიმუშის დატანა ფირფიტაზე . . . . . 233
სორბენტისა და გამხსნელის შერჩევა . . . . . 234
საკვლევ კომპონენტთა აღმოჩენა ქრომატოგრამაზე . . . . . 238
საანალიზო ნაზავის კომპონენტთა პრეპარატული დაყოფა . . . . . 239

ეროვნული ბიბლიოთეკა

## სპეციალური ნაწილი

**ყურძნის პროდუქტთა ანალიზი თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდით** . 240
ორგანული მჟავების განსაზღვრა ყურძნის წვენსა და ღვინოში . . . 240
ეთერზეთების განსაზღვრა ღვინოში . . . . . 242
კატეხინების განსაზღვრა ყურძნის კლერტში, ჭაჭაში, ღვინოსა და ძმარში . 244
ალიფატური ალდეჰიდების განსაზღვრა ღვინოსა და კოიაკის სპირტში . 247
სორბინის მჟავას განსაზღვრა ღვინოში . . . . . 250
დამატება: გაზურ-სითხურ ქრომატოგრაფიაში გამოყენებული უძრავი გაზები . . . . . 254
ავტორთა და საგანთა საძიებელი . . . . . 257

ეროვნული
ბიბლიოთეკა

ნაშრომი რეკომენდებულია საქართველოს სსრ მებაღეობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის სამეცნიერო -კვლევითი ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს მიერ.

რ ე ც ე ნ ზ ე ნ ტ ე ბ ი:

მეცნიერებისა და ტექნიკის დამსახურებული მოღვაწე, პროფესორი გ. ი. ბ ე რ ი ძ ე; მეცნიერებისა და ტექნიკის დამსახურებული მოღვაწე, პროფესორი ი. დ. ლ ა შ ხ ი;

სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა კანდიდატი, უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი თ. ა. კ ა ნ ა ნ ა ძ ე; ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი, უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი ო. კ. დ ა რ ა ხ ვ ე ლ ი ძ ე

ეროვნული
ბიბლიოთეკა

რედაქტორი ტ. ზოზრაშვილი
მხატვრული რედაქტორი ს. ბოტკოველი
ტექრედაქტორი ნ. ძნელაძე
კორექტორი ნ. ნადარაია
გამომშვები მ. ყულოშვილი

გადაეცა წარმოებას 25/XI-75 წ. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15/II-76 წ. ქაღალდის ზომა 60×90¹/₁₆. საბეჭდი ქაღალდი № 2. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 17,25, სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 15,39.
უე 00339 ტირაჟი 1000. შეკვ. № 956.

ფასი 66 კაპ.

გამომცემლობა „განათლება", თბილისი, მარჯანიშვილის ქ. № 5.
Издательство «Ганатлеба», Тбилиси, ул. Марджанишвили № 5.

1976

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს გამომცემლობათა, პოლიგრაფიისა და წიგნის ვაჭრობის საქმეთა სახელმწიფო კომიტეტის ბეჭვითი სიტყვის კომბინატი, თბილისი, მარჯანიშვილის ქ. № 5.
Комбинат печати, Государственного комитета Совета Министров Грузинской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Тбилиси, ул. Марджанишвили, № 5.

ეროვნული
ბიბლიოთეკა

Глонти Тимур Амбросович
«Хроматографический анализ продуктов
винограда».

ეროვნული
ბიბლიოთეკა