

ორგანული სინთეზი

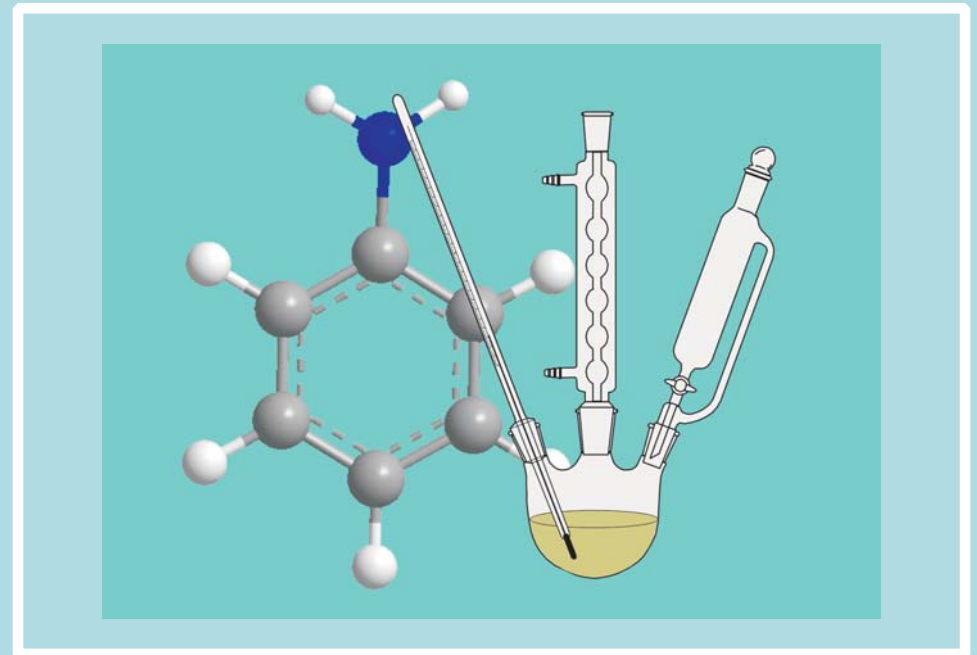
I ოლქი

ნაწილი I

დამხმარე სახელმძღვანელო

ნ. ღონღაძე, ზ. გელიაშვილი, ე. ელიზბარაშვილი,
ნ. დარეჯანაშვილი, მ. ხითარიშვილი, გ. ჭირაქაძე

ორგანული სინთეზი



ტექნიკური უნივერსიტეტი
2005

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნ.ლონდაძე, ზ. ბელიაშვილი, ე.ელიზბარაშვილი,
ნ. დარეჯანაშვილი, მ. ხითარიშვილი, ჯ. ჭირაქაძე

ორგანული სინთეზი

ნაწილი I



დამტკიცებულია დამხმარე
სახელმძღვანელოდ სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი
2005

განხილულია ორგანული სინთეზის ლაბორატორიაში მუშაობის ძირითადი ზოგადი მეთოდები: გამოხდა, ექსტრაქცია, გადაკრისტალება, ზერთვილვა, ქრომატოგრაფიული მეთოდები და სხვა.

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

რეცენზენტები: ქ.მ.დ. შ. ჯაფარიძე
ქ.მ.კ. ნ. ჩაჩუა

რედაქტორი: ქ.მ.კ. მ. მაისურაძე

© გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2005
ISBN 99940-40-32-4 (სამივე ნაწილი)
ISBN 99940-40-38-3 (პირველი ნაწილი)

შესავალი

თანამედროვე ორგანული ქიმიის ერთ-ერთ ძირითად მიზანს, როგორც ცნობილია, წარმოადგენს წინასწარ დასახული თვისებების მქონე ნაერთების სინთეზი.

სინთეზის დაგეგმვა მოიცავს ყველა საფეხურის თეორიულ და პრაქტიკულ გააზრებას.

იმ ნაერთის აღნაგობა, რომელიც უნდა იქნას მიღებული, საშუალებას გვაძლევს ჩავატაროთ მისი რეტროსინთეზი, „უკუსვლით“, საფეხურებრივად თანდათან გავამარტივოთ ამ ნივთიერების მიღების სქემა, ე.ი. თეორიულად დავშალოთ იმ მარტივ საწყის ნივთიერებათა მოლეკულებად, რომლისგანაც შესაძლებელია მისი მიღება. შემდეგ კი ამოვირჩიოთ მათ შორის ყველაზე ხელსაყრელი მარტივი ნივთიერება, მიღების გზა და მიმართულება. ასეთი თეორიული გააზრების შემდეგ იწყება ყველა საფეხურის ექსპერიმენტული განხორციელება.

უნდა გვანსოვდეს, რომ სინთეზირებული ნივთიერება იწყებს სრულფასოვან და დამოუკიდებელ „ცხოვრებას“ წარმოებაში, ლაბორატორიაში, ცნობარში, სამეცნიერო ლიტერატურაში და სხვ. მხოლოდ მისი თვისებების მაქსიმალურად სრული აღწერის შემდეგ.

სინთეზური ნაერთის თვისებების შესწავლაში ფართოდ გამოიყენება ორგანული ქიმიის მრავალ კლასიკურ მეთოდებთან ერთად თანამედროვე ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები. მაგრამ მრავალმხრივი თვისებების შესწავლა იწყება მხოლოდ და მხოლოდ სინთეზირებული ნაერთის გამოყოფის და გაწმენდის შემდეგ.

თანამედროვე ქიმიკოსს, ორგანული ქიმიის კლასიკურ მეთოდებთან (გამოხდა, გადაკრისტალება, ექსტრაქცია და სხვ.) ერთად, აგრეთვე სჭირდება ქრომატოგრაფიული და სპექტროფოტომეტრული მრავალი მეთოდის ცოდნა.

ლაბორატორიული სამუშაოების პროგრამა ორგანულ სინთეზში მოიცავს სტუდენტის მიერ 5-10 დამოუკიდებელი სხვადასხვა ორგანული ნაერთის სინთეზის შესრულებას, მიღებული ნაერთების სუფთა სახით გამოყოფას და მათი ფიზიკური და ქიმიური თვისებების

სრულ აღწერას. მუშაობის პროცესში სტუდენტი თეორიულად და პრაქტიკულად ეცნობა ძირითად ექსპერიმენტულ მეთოდებს, რომლებიც საჭიროა ამა თუ იმ ორგანული ნაერთის სინთეზისათვის.

ამგვარად, მომავალი ქიმიკოს-ტექნოლოგის მეცნიერულ ჩამოყალიბებაში უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ორგანული სინთეზის ლაბორატორიაში მუშაობის მეთოდების სრულფასოვან და შემოქმედებით ათვისებას.

1. ზოგადი ნაწილი

1.1. სამუშაო რვეულის გაფორმება

სამუშაო რვეულში ჩანაწერები კეთდება უშუალოდ ცდის მსვლელობის დროს.

ჩანაწერში ასახული უნდა იყოს სტუდენტის პირადი დაკვირვების შედეგები.

ლაბორატორიულ რვეულში აღნიშნული უნდა იქნეს ჩატარებული სამუშაოს შემდეგი მონაცემები:

1. სამუშაოს დაწყების თარიღი, თემისა და სინთეზის დასახელება;
2. რეაქციის განტოლება და მექანიზმი;
3. ყველა თანაური პროცესის რეაქციები;
4. გამოყენებული ორგანული ნაერთების გასუფთავების და იდენტიფიკაციის მეთოდების მოკლე აღწერა;
5. საწყისი და სინთეზირებული ნაერთების თვისებების ლიტერატურული მონაცემების აღწერა ცხრილის მიხედვით (ცხრილი 1).
6. სამუშაოს მსვლელობის სრული აღწერა, ნივთიერების ჩატვირთვა გრამებში და მოლებში, ჩატარებული ოპერაციების თანმიმდევრობა, ყველა ოპერაციის ხანგრძლივობა, დაკვირვების შედეგები: ფერის ცვლილება, ნალექის და აირადი პროდუქტების წარმოქმნა, სითბური ეფექტი და სხვ.
7. მიღებული ნაერთის გასუფთავების შემდეგ ნაჩვენები უნდა იყოს:
 - ა. ამ ნაერთის ფიზიკურ-ქიმიური კონსტანტები (დუღილისა და ლღობის ტემპერატურა, გარდატეხის მაჩვენებელი და სხვ.);
 - ბ. თეორიული და პრაქტიკული გამოსავლის გაანგარიშება.

ცხრილი 1. საწყისი და სინთეზირებული ნაერთების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

ნივთიერება	ფორმულა	მოლეკულური მასა	ρ , გ/სმ ³	$T_{\text{ღვ}}$, °C	$T_{\text{დვ}}$, °C	n_D^{20}	ხსნადობა	
							წყალში	ორგ. გამხსნელებში
მმარმეჟა	CH ₃ COOH	60	1.05	16.6	118	1.3698	∞	სპ, ეო,

ა და ბ მონაცემები შეიძლება მოყვანილ იქნეს ცხრილის სახით.

შენიშვნები: მასწავლებელი ხელის მოწერით ადასტურებს:

1. სამუშაოს დაწყების წინ სტუდენტის მზადყოფნას სინთეზის ჩასატარებლად (სინთეზის მსვლელობის მეთოდის ცოდნა, საჭირო რეაქტივებისა და დანადგარის მომზადება);
2. სამუშაოს დამთავრების შემდეგ თეორიული კოლოქვიუმის ჩათვლას.
სინთეზირებული ნაერთი ბარდება მასწავლებელს.

1.2. ჭურჭლის გასუფთავება

ჭურჭლის გასუფთავების მრავალი საშუალება არსებობს: ჯავრისის მეშვეობით ჭურჭლის რეცხვა ცხელი და ცივი წყლით, საპნით, სარეცხი ფხვნილებით, ორგანული გამხსნელებით - სპირტი, აცეტონი, ქლოროფორმი და სხვ. (გამოყენებულ გამხსნელებს იბარებს ლაბორანტი), აგრეთვე წყლის ორთქლით დამუშავება და სხვ.

შედარებით ეფექტური გამწმენდი საშუალებებია ქრომის ნარევი და $KMnO_4$ -ის ტუტე ხსნარი.

ქრომის ნარევის მოქმედების შედეგად იჟანგება ჭურჭლის კედელზე მიკრული ჭუჭყი და გარდაიქმნება ხსნად ნივთიერებად, ხოლო კალიუმის პერმანგანატის ტუტე ხსნარი გამოიყენება ზოგიერთი სუნიანი ნაერთის მოსაცილებლად.

ქრომის ნარევის მომზადება. ფაიფურის ან ცეცხლგამძლე ჭიქაში 10 გ კალიუმის ბიქრომატს და 15-20 მლ წყალს მექანიკური მორევის პირობებში უმატებენ 60 მლ კონც. გოგირდმჟავას (საჭიროა სიფრთხილე, მიმდინარეობს ნარევის გაცხელება). წარმოიქმნება მუქი ნარინჯისფერი ხსნარი. თუ ბიქრომატი სრულად არ გაიხსნება, ნარევის უმატებენ გოგირდმჟავას და აცხელებენ ქურაზე.

გაჭუჭყიანებული ჭურჭელი უმჯობესია გაირეცხოს ხმარებისთანავე.

სასურველია ჭურჭელს წინასწარ გამოვავლოთ წყალი, რათა მექანიკურად მოვაშოროთ ის ნაერთები, რომლებიც სწრაფად იჟანგებიან ბიქრომატით და ქრომის ნარევი უვარგისი ხდება ხელმეორედ გამოყენებისათვის.

მოზრდილ კოლებებს და ჭიქებს შიგნიდან უნდა გამოვავლოთ ქრომის ნარევი, ხოლო მცირე მოცულობის ჭურჭელს მთლიანად ვათავსებთ მასში. შემდეგ ვიღებთ დამჭერის საშუალებით და ვავლებთ წყალში. უფრო ეფექტურია ჭურჭლის გარეცხვა შემთბარი ქრომის ნარევით.

ქრომის ნარევი ინახება ხუფიან ფაიფურის ჭურჭელში. როდესაც მისი მუქი ნარინჯისფერი გადავა მომწვანო ფერში, ეს იმას ნიშნავს, რომ მან დაკარგა დამჟანგავი მოქმედება და საჭიროა ახალი ხსნარის დამზადება.

დაუშვებელია გამოყენებული ქრომის ნარევის ნიჟარაში ჩასხმა. იგი უნდა ჩავასხათ სპეციალურად გამოყოფილ ჭურჭელში.

$KMnO_4$ -ის ტუტე ხსნარის მომზადება. 10 გ კალიუმის პერმანგანატს უმატებენ 10 გ ნატრიუმის ტუტეს და 150 მლ წყალს. ამ ხსნარში გასასუფთავებელ ჭურჭელს ტოვებენ რამდენიმე დღის განმავლობაში (სუნიანი ნაერთი იჟანგება და კარგავს სუნს).

$KMnO_4$ -ის მოქმედების შედეგად ჭურჭელი ყავისფრდება, რაც ადვილად შორდება კონცენტრირებული მარილმჟავათი.

ჭურჭლის გაშრობა. გარეცხილ ჭურჭელს გამოავლებენ გამოხდილ წყალს და ჰაერზე გასაშრობად ათავსებენ თაროზე, უმჯობესია თუ თარო ნიჟარასთან დამაგრებული იქნება დახრილად. უფრო სწრაფად გაშრობისათვის კი გამოიყენება საშრობი კარადები, სადაც 100-200 °C-ზე ჭურჭელი რამდენიმე წუთში შრება.

გასუფთავებული და გამშრალი ჭურჭელი უნდა შევიწინახოთ ჭურჭლის კარადაში, რათა დავიცვათ გაჭუჭყიანებისაგან.

1.3. ბახურება

ორგანულ სინთეზში გახურება გამოიყენება ქიმიური რეაქციის წარმართვისათვის სასურველი მიმართულებით და აგრეთვე ისეთი ოპერაციების ჩასატარებლად, როგორცაა: კრისტალიზაცია, გამოხდა, ზოგიერთი ფიზიკური კონსტანტის დადგენა და სხვ. გახურება ხდება სხვადასხვა სახის ენერჯის გამოყენებით: სითბური ელექტროენერჯია, გამოსხივების ენერჯია და სხვ. პირდაპირი გახურება წარმოებს ელექტროქურით, კოლების გამახურებლით (სურ. 1), გაზის ან სპირტქურის ალზე აზბესტის ბადის გამოყენებით. არაპირდაპირი კი სხვადასხვაგვარი აბაზანების გამოყენებით, კერძოდ: წყლისა და ორთქლის აბაზანებით 100 °C-მდე, სილის აბაზანით 100-500 °C-მდე, ზეთის აბაზანით 100-250 °C-მდე.

იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა მუდმივი ტემპერატურული რეჟიმის მკაცრად დაცვა შედარებით ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, გამოიყენება სხვადასხვა მარკის ელექტროთერმოსტატები.



სურ. 1. კოლბის გამახურებლები

ნივთიერების გამოსაშრობად 250 °C-მდე იხმარება ელექტროსაშრობი კარადები, ხოლო ნივთიერების ვაკუუმში გამოსაშრობად კი ვაკუუმ-საშრობი ელექტროკარადები და ვაკუუმ-ექსიკატორები (ნახ. 1).



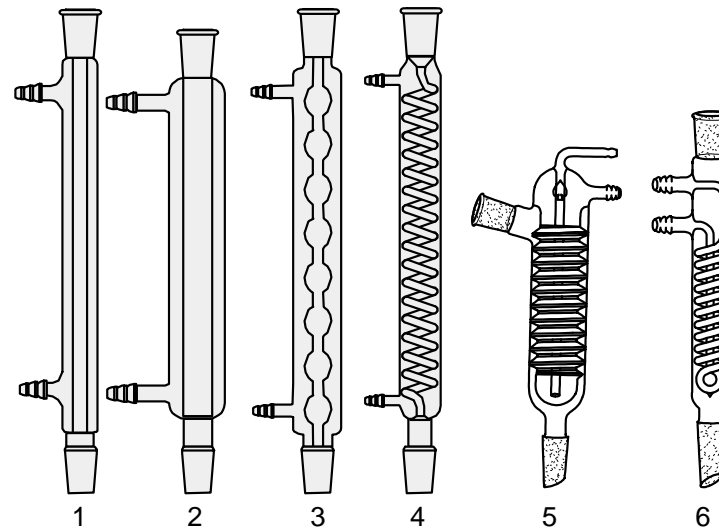
ნახ. 1. ვაკუუმ ექსიკატორი

1.4. გაცივება

გამოხდისას ორთქლად ქცეული ნივთიერების კონდენსაციისათვის აუცილებელია გაცივება, რისთვისაც გამოიყენება სხვადასხვა სახის მაცივრები: წყლის, ჰაერის და სხვ.

წყლის მაცივარი შედგება მილისაგან (სწორი, ბურთულეებიანი, სპირალური), სადაც ჩაედინება ორთქლი და წყლის პერანგისაგან, რომელიც გარს აკრავს მილს. წყლის პერანგში მუდმივად უნდა ცირკულირებდეს წყალი, რომელიც ნებისმიერ შემთხვევაში მიეწოდება ქვევიდან და გამოედინება ზემოდან.

წყლის მაცივრები არის ორი სახის: დაღმავალი (პირდაპირი) და უკუმაცივარი (ნახ. 2).



ნახ. 2. მაცივრები: 1-ლიბიხის (პირდაპირი), 2- ვესტის (პირდაპირი და უკუ), 3-ალინის (ბურთულეებიანი) უკუმაცივარი, 4-ნრაჰამის უკუმაცივარი, 5,6-დიმროტის (შიგაგაცივების უკუმაცივარი).

დადმავალ მაცივარში ორთქლად ქცეული ნივთიერება გასაცივებლად ჩაედინება ზემოდან, კონდენსირდება და გადადის მიმღებში.

უკუმაცივარში კი ორთქლი მიეწოდება ქვემოდან და კონდენსატი ბრუნდება იმავე კოლბაში, სადაც ზდება დუღილი.

პირდაპირი მაცივრები გამოიყენება ისეთი ნაერთების გამოსახდელად, რომელთა დუღილის ტემპერატურა 30-35 °C-ზე ზევით არის. ამასთანავე, დიდი მნიშვნელობა აქვს მაცივრის სიგრძეს და იგი უნდა იყოს არანაკლებ 7-8 სმ-ისა.

სპირალური მაცივრები უფრო ეფექტურია ადვილად აქროლადი ნივთიერებების ორთქლის კონდენსაციისათვის (150 °C-მდე). მაღალი ტემპერატურის მქონე ორთქლის კონდენსაციისათვის გამოიყენება ჰაერის მაცივარი (გარკვეული სიგრძის მილი).

ზოგიერთი სითხე შეგვიძლია თავისი ჭურჭლით გავაცივოთ წყლის ჭავლის ქვეშ ან მოვათავსოთ წყლის აბაზანაში. წყალხსნარების გაცივებისას ზოგიერთ შემთხვევაში შესაძლებელია უშუალოდ გასაცივებელ მასაში ჩავამატოთ სუფთა ყინული ან ვისარგებლოთ ყინულის აბაზანით.

უფრო დაბალი ტემპერატურის მისაღებად გამოიყენება გამაცივებელი ნარევეები (ცხრილი 2).

ცხრილი 2. მარილის აბაზანის შემცველობა

მარილი	პირობითი რაოდენობა, გ		T, °C
	მარილი	ყინული	
NaCl	30	100	-21.3
NH ₄ Cl	25	100	-15.8
NaNO ₃	59	100	-18.5

1.5. მექანიკური არევა

ქიმიური რეაქციის მსვლელობაზე, განსაკუთრებით, რომლებიც მიმდინარეობენ ჰეტეროგენულ ფაზებს შორის, დიდ გავლენას ახდენს მორეაგირე ნაერთების მექანიკური არევა. არევა ხორციელდება სხვადასხვა სარევეების გამოყენებით, რომლებიც დამაგრებულნი არიან პატარა ელექტროძრავებთან (სურ. 2). ზოგიერთ შემთხვევაში არევა ხორციელდება მაგნიტური სარევის საშუალებით (სურ. 3).



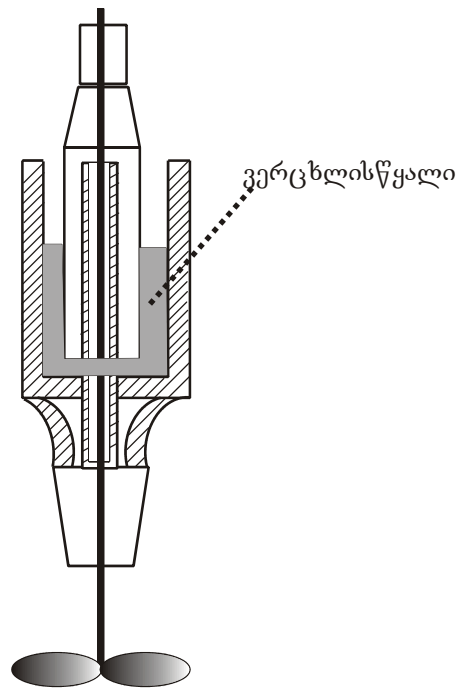
სურ. 2. მექანიკური მორევის მოწყობილობა

ორგანულ სინთეზში ისეთი სისტემების მორევისათვის, რომლებიდანაც გამორიცხულია მორეაგირე ნივთიერების აქროლვის შესაძლებლობა, გამოიყენება სპეციალური საკეტი (ზარი). აღნიშნული საკეტები ჰერმეტიკულობას ინარჩუნებენ ბლანტი, მაღალმდულარე სითხეების (ვერცხლისწყალი, გლიცერინი, ზეთი) საშუალებით.

სარევის სიჩქარე რეგულირდება ავტოტრანსფორმატორების საშუალებით (ნახ. 3).



სურ. 3. მაგნიტური სარეველები



ნახ. 3.
მექანიკური
სარეველის
საკეტი (ზარი)

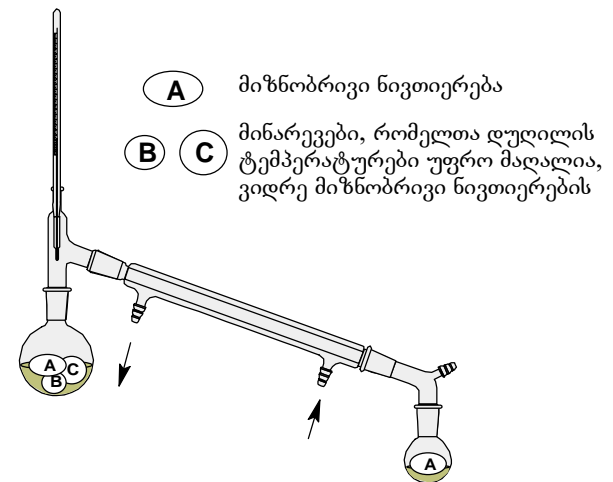
1.6. გამოხდა

თხევადი ორგანული ნაერთების გამოყოფისა და გასუფთავების ერთ-ერთ ძირითად მეთოდს წარმოადგენს გამოხდა. გამოხდის პროცესი ეყრდნობა სხვადასხვა ნივთიერების დუღილის განსხვავებულ ტემპერატურას. თხევადი ნივთიერებების ნარევიდან გაცხელებით, პირველ რიგში, ორთქლად გარდაიქმნება ყველაზე დაბალ-მდულარე კომპონენტი, რომელიც გამოიყოფა თავისუფალი სახით და გაცივებისას კონდენსირდება.

უმარტივეს შემთხვევაში, როდესაც გვაქვს ნივთიერება, რომელიც შეიცავს უფრო მაღალმდულარე მინარევებს მცირე რაოდენობით, გამოხდის დროს ვლებულობთ ამ ნივთიერებას სუფთა სახით. ამ შემთხვევაში ღებულობენ ერთ ფრაქციას.

ხშირად გვაქვს A, B, C, D სითხეთა ნარევი, რომლის გამოხდისას ღებულობენ რამოდენიმე ფრაქციას.

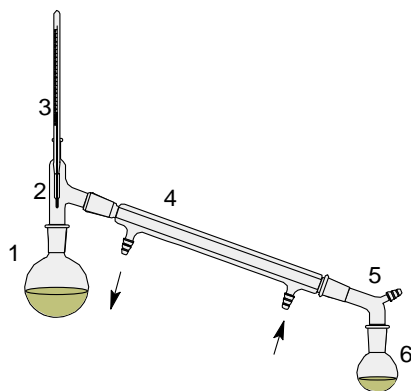
გამოხდა არსებობს სხვადასხვა სახის, რომელთა შორის აღსანიშნავია მარტივი (ატმოსფერული წნევის



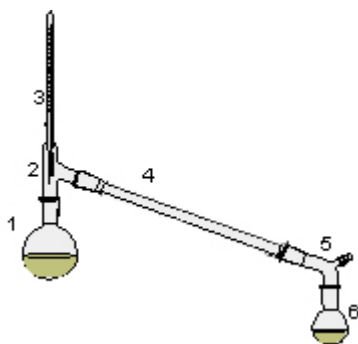
- (A) მიზნობრივი ნივთიერება
- (B) (C) მინარევები, რომელთა დუღილის ტემპერატურები უფრო მაღალია, ვიდრე მიზნობრივი ნივთიერების

ქვეშ), ფრაქციული, წყლის ორთქლით და ვაკუუმ-გამოხდა.

გამოხდა ატმოსფერული წნევის ქვეშ. გამოხდას აწარმოებენ დანადგარში (ნახ. 4 და ნახ. 5), რომელიც შედგება გვერდითი გადაყვანი ყელის მქონე კოლბისაგან (მაგალითად, შესაძლებელია ვიურცის კოლბის გამოყენება), თერმომეტრის, დაღმავალი მაცივრის, ალონჟისა და მიმღებისაგან.

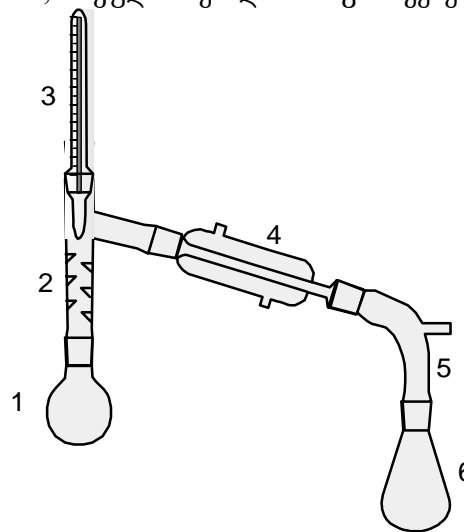


ნახ. 4. მარტივი გამოხდის ხელსაწყო:
 1- მრგვალძირა კოლბა,
 2-გადამყვანი მილი,
 3-თერმომეტრი,
 4-პირდაპირი მაცივარი,
 5-ალონჟი,
 6-მიმღები



ნახ. 5. მარტივი გამოხდის ხელსაწყო ჰაერმაცივრით:
 1- მრგვალძირა კოლბა,
 2-გადამყვანი მილი,
 3-თერმომეტრი,
 4-ჰაერმაცივარი,
 5-ალონჟი,
 6-მიმღები

კომპონენტების ერთმანეთისაგან უკეთ დაცილება სათვის ხმარობენ დეფლექტატორს, რომელიც მორგებული აქვს გამოსახდელ კოლბას (ნახ. 6). დეფლექტატორში მიმდინარეობს ორთქლის ნაწილობრივი კონდენსირება და გამოსახდელ კოლბაში ბრუნდება ძნელად აქროლადი ნივთიერება, შესაბამისად ორთქლი მდიდრდება ადვილად აქროლადი ნივთიერებით. კოლბის ან დეფლექტატორის ზედა ყელში საცობის საშუალებით ამაგრებენ თერმომეტრს, ისე, რომ მისი ვერცხლისწყლიანი ბურთულა კოლბის გადაყვანი მილის ოდნავ ქვევით მდებარეობდეს. გამოსახდელი სითხის მოცულობა არ უნდა აღემატებოდეს კოლბის ორ მესამედს. იმისათვის, რომ დუღილი თანაბარი იყოს და არ მოხდეს ხსნარის გადახურება, გამოხდის წინ კოლბაში ათავსებენ რამოდენიმე მინის კაპილარს ან ფორებიანი თიხის პატარა ნატეხს. თუ ნივთიერება დულს არაუმეტეს 80 °C ტემპერატურაზე, კოლბას აცხელებენ წყლის აბაზანაზე, ხოლო თუ ტემპერატურა 80 °C-ზე მეტია, მაშინ - ელექტროქურაზე, სილის ან ზეთის აბაზანის, ან ვულის შენადნობის გამოყენებით.



ნახ. 6. გამოსახდელი მოწყობილობა დეფლექტატორით:
 1-მრგვალძირა კოლბა,
 2-დეფლექტატორი,
 3-პირდაპირი მაცივარი,
 4-ალონჟი,
 5-მიმღები

გამოხდის პროცესში აკვირდებიან თერმომეტრის მაჩვენებელს და მიმღებში დისტილატის მიღებას. აღნიშნავენ იმ ტემპერატურას, რომლის დროსაც მიმღებში გადავა დისტილატის პირველი წვეთი.

გამოხდის სიჩქარე უნდა იყოს დაახლოებით 1-2 წვეთი წმ-ში, თერმომეტრის ბურთულაზე კი გამოხდის პროცესში ყოველთვის უნდა შეიმჩნეოდეს სითხის წვეთები.

ფრაქციული გამოხდა. ფრაქციული გამოხდის საშუალებით შესაძლებელია სითხეთა ნარევიდან თითოეული ნივთიერება გამოყოფილ იქნას სუფთა სახით. ამ დროს პირველად გამოიყოფა დაბალმდულარე ნივთიერება, შემდეგ იცვლება მიმღები და იწყება მომდევნო ფრაქციის შეგროვება და ა.შ. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, რომ ფრაქცია გამოიხადოს ვიწრო ტემპერატურულ ინტერვალში.

ნარევიდან სუფთა სახის ნივთიერების გამოყოფის ნათელ მაგალითს წარმოადგენს არომატული ნახშირწყალბადების გამოყოფა მათი ნარევიდან.

მაგალითად მოცემულია შემდეგი ნარევი:

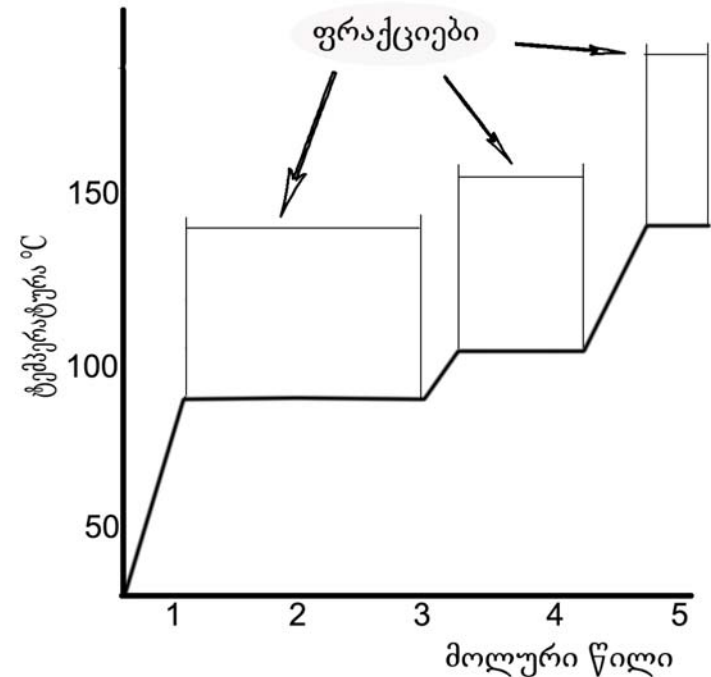
1. ბენზოლი, დულ. ტემპ. 80 °C, 2 წილი
2. ტოლუოლი, დულ. ტემპ. 110 °C, 1 წილი
3. ქსილოლები:

ორთო- ქსილოლი, დულ. ტემპ. 144 °C 1 წილი

მეტა- ქსილოლი, დულ. ტემპ. 139 °C 1 წილი

პარა- ქსილოლი, დულ. ტემპ. 138 °C 1 წილი.

ამ ნარევის გამოხდა ხდება ჩვეულებრივ გამო-სახდელ აპარატში. მიიღება სამი ფრაქცია: I ფრაქცია - ბენზოლი (77-80 °C); II ფრაქცია - ტოლუოლი (106-111 °C); III ფრაქცია - ქსილოლების ნარევი (132-132 °C). გამოხდის პროცესი შეიძლება გამოვსახოთ მრუდის საშუალებით (ნახ. 7).



ნახ. 7. ნარევის შედგენილობაზე დუღილის ტემპერატურის დამოკიდებულების მრუდი

ბენზოლისა და ტოლუოლის სუფთა სახით მისა-ღებად მათ შესაბამის ცალკეულ ფრაქციებს ხელმეორედ გამოხდიან. რაც შეეხება იზომერული ქსილოლების სუფთა სახით მიღებას, მეორედ გამოხდას აწარმოებენ დეფლექტატორის საშუალებით (ნახ. 6).

1.7. წყლის ორთქლით გამოხდა

წყლის ორთქლით გამოხდა გამოიყენება ისეთი სითხეებისათვის, რომლებიც წყალში ძნელად იხსნებიან და არ ურთიერთქმედებენ მასთან. მეთოდი განსაკუთრებით

ეფექტურია, როცა რეაქციის პროდუქტი შეიცავს ძნელად აქროლად ფისოვან მინარევებს. ამ დროს თითოეული სითხის (წყლის, ორგანული ნივთიერების) აორთქლება მიმდინარეობს ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად. ამიტომ ორი ნივთიერების საერთო წნევა P უდრის თითოეული კომპონენტის ნაჯერი ორთქლის წნევების ჯამს:

$$P = P_A + P_B$$

რომელიც არ არის დამოკიდებული A და B კომპონენტების თანაფარდობაზე.

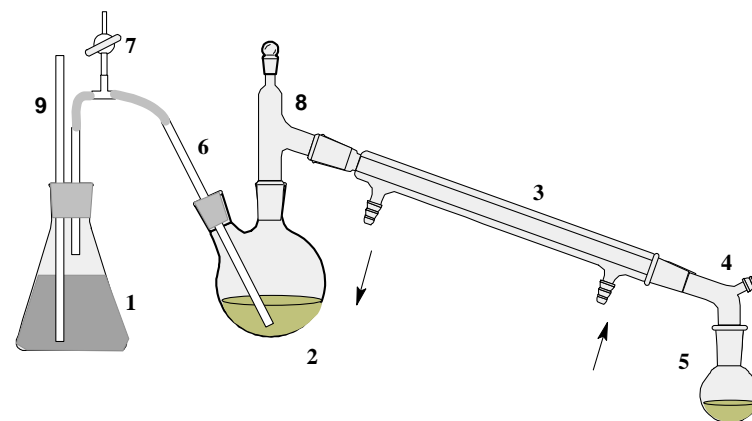
როდესაც საერთო წნევა ატმოსფერულ წნევას უტოლდება, ნარევი იწყებს დუღილს. რადგან P მეტია, ვიდრე P_A ან P_B , ასეთი ნარევის დუღილის ტემპერატურა ყოველთვის დაბალია, ვიდრე მისი ცალკე აღებული შემადგენელი ნაწილებისა.

წყლის ორთქლით გამოხდისათვის გამოიყენება მოწყობილობა (ნახ. 8), რომელიც შედგება: 1-ორთქლის ქვაბის (წყლის ორთქლის გენერატორი), 2- გამოსახდელი კოლბის; 3- მაცივრის; 4- ალონჟის; 5- მიმღების; 6- მინის მილის, 7- მინის სამკაპისაგან, რომელსაც მორგებული აქვს ონკანი, 8-გადამყვანი მილისა და 9-ბარომეტრული მილისაგან.

მაღალყელიან დიდი ზომის მრგვალი კოლბაში (კოლბა ავსებული უნდა იყოს მისი მოცულობის არაუმეტეს $1/3$ ნაწილისა) მცირედენ წყალთან ერთად შეაქვთ გამოსახდელი ნივთიერება და კოლბას უერთებენ მაცივარს, რომელშიც ატარებენ წყლის ძლიერ ნაკადს. მაცივართან მიერთებულია ალონჟი მიმღებით.

კოლბაში მოთავსებულ სითხეში ატარებენ წყლის ორთქლის ძლიერ ნაკადს. მილი, რომლის საშუალებითაც შეჰყავთ წყლის ორთქლი, თითქმის კოლბის ძირამდე უნდა ჩაიდოს. ორთქლი მიეწოდება სპეციალური ორთქლის გენერატორიდან (მადულარიდან), რომელშიც ასხავენ მისი მოცულობის $2/3$ წყალს და ენერგიულად ადუღებენ. მასში თითქმის ბოლომდეა ჩაშვებული დამცველი (ბარომეტრული) მილი. მადულარასა და გამოსახდელ კოლბას შორის სასურველია მოთავსდეს მინის სამკაპი, რომლის გვერდით მილს არგებენ რეზინის მოკლე მილს მომჭერით, ეს მილი მუშაობის დაწყების წინ გახსნილი უნდა იყოს. როდესაც მადულარში წყალი ადუღდება,

რეზინის მილს დაკეტავენ მომჭერით და იწყებენ გამოხდას.

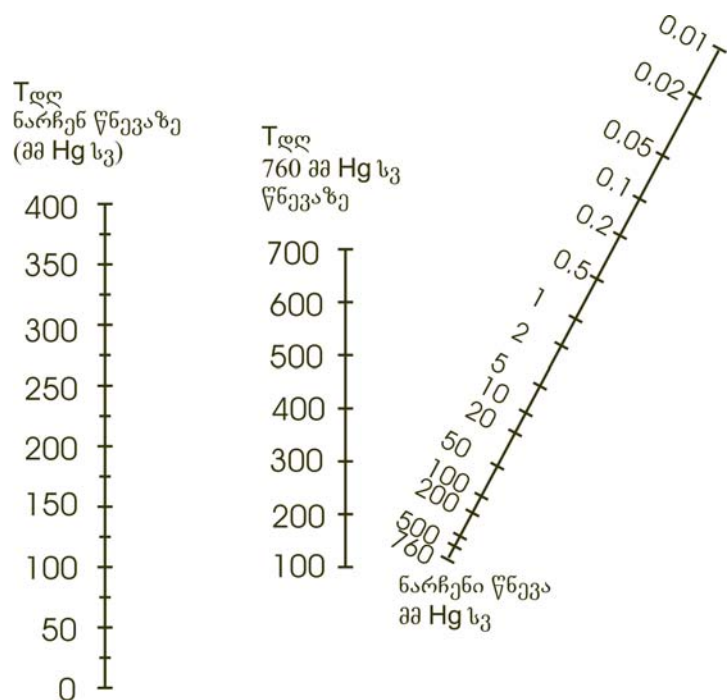


ნახ. 8. ხელსაწყო წყლის ორთქლით გამოხდისათვის: 1-ორთქლის ქვაბი (წყლის ორთქლის გენერატორი), 2-გამოსახდელი კოლბა, 3-მაცივარი, 4-ალონჟი, 5-მიმღები, 6-მინის მილი, 7-მინის სამკაპი, 8-გადამყვანი მილი, 9-ბარომეტრული მილი

1.8. ვაკუუმ გამოხდა

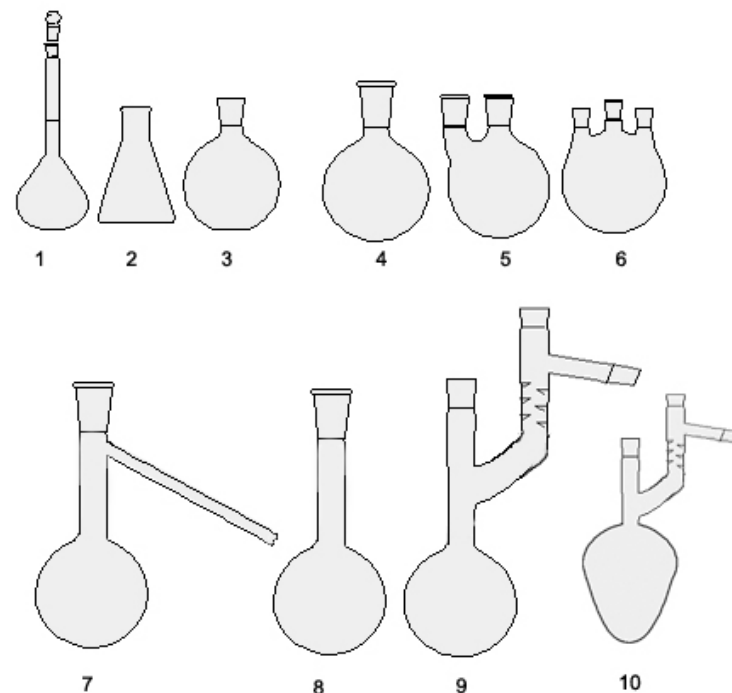
მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ორგანული ნაერთი გამოხდის დროს ხშირად იშლება თავის დუღილის ტემპერატურაზე, ზოგიერთ შემთხვევაში კი უფრო დაბალ ტემპერატურაზეც. ასეთი ნივთიერებების გამოხდისათვის იყენებენ ვაკუუმ გამოხდას. წნევის შემცირება იწვევს დუღილის ტემპერატურის დაწევას. ნივთიერება, რომელიც დუღს 350°C -ზე ვერცხლისწყლის სვეტის 760 მმ (1 ატმ), დაბალი წნევის დროს შეიძლება გამოიხადოს დაახლოებით $160-210^{\circ}\text{C}$, $100-130^{\circ}\text{C}$ და $40-50^{\circ}\text{C}$ -ზე, შესაბამისად 10 მმ, $0,01$ მმ და $0,0001$ მმ

ვერცხლისწყლის სვეტის წნევის დროს. ზოგიერთი ნივთიერების დუღილის ტემპერატურის დამოკიდებულება წნევაზე მოცემულია ნახ.9-ზე.



ნახ. 9. ნარჩენ წნევაზე დუღილის ტემპერატურის განსაზღვრის ნომოგრამა

მრავალი ორგანული სინთეზისათვის საკმარისია ვერცხლისწყლის სვეტის 1-2 მმ, რომელიც შეიძლება შეიქმნას სხვადასხვა ტიპის ზეთის ტუმბოს საშუალებით. ზეთის ტუმბო უნდა დაეიცვათ, რომ მასში არ მოხვდეს გამხსნელების, წყლისა და მჟავების ორთქლი. ამ მიზნით ტუმბოს წინ ქსელში რთავენ მშთანთქმელ სვეტს NaOH-ითა და გააქტივებული ნახშირით (ან დამჭერით, რომელიც ცივდება თხევადი აზოტით).

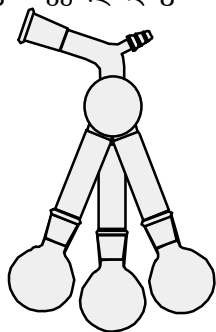


ნახ. 10. კოლბები: 1- მზომი, 2-კონუსური (ერლენმეიერის), 3-ბრტყელძირა, 4-მრგვალძირა, 5-ორყელა მრგვალძირა, 6-სამყელა მრგვალძირა, 7-ვიურცის, 8-კენდალის, 9-კლაიზენის, 10-მსხლისებური კლაიზენის

ვაკუუმ გამოხდისათვის ხშირად იხმარება კლაიზენის მრგვალძირა კოლბა (ნახ. 10), ხოლო მცირე რაოდენობის ნივთიერებებისათვის - მსხლისებური ფორმის კოლბები. როგორც გამოსახდელი, ასევე მიძღები კოლბები უნდა იყოს მხოლოდ მრგვალძირა, რადგან ბრტყელძირა კოლბა ვერ უძლებს წნევის დაწოლას. გამოსახდელი კოლბის პირდაპირ ყელში ათავსებენ წვრილად წაგრძელებულ კაპილარს, ხოლო გვერდით მილში თერმომეტრს, რომლის ვერცხისწყლის რეზერვუარი მოთავსებულია გადამყვანი მილის ოდნავ უფრო დაბლა. გამოსახდელი სითხის თანაბარი დუღილის შესანარჩუნებლად კოლბაში ჩაშვებულია კაპილარი, რომლის ბოლო თითქმის კოლბის ძირამდე ჩადის. გამოხდის დროს

კაპილარიდან საჭიროა უწყვეტად შედიოდეს ჰაერი ან რომელიმე ინერტული აირი წვრილი პერიოდული ბუშტების სახით.

ვაკუუმ-გამოხდის დროს ცალკეული ფრაქციის შესაგროვებლად გამოიყენება სხვადასხვა სახის მიმღები, ე.წ. „ობობა“ (ნახ. 11).



ნახ. 11. „ობობა“ ვაკუუმ გამოხდისათვის

გამოხდის დაწყების წინ ამოწმებენ დანადგარის ჰერმეტიკულობას (ნახ. 12).

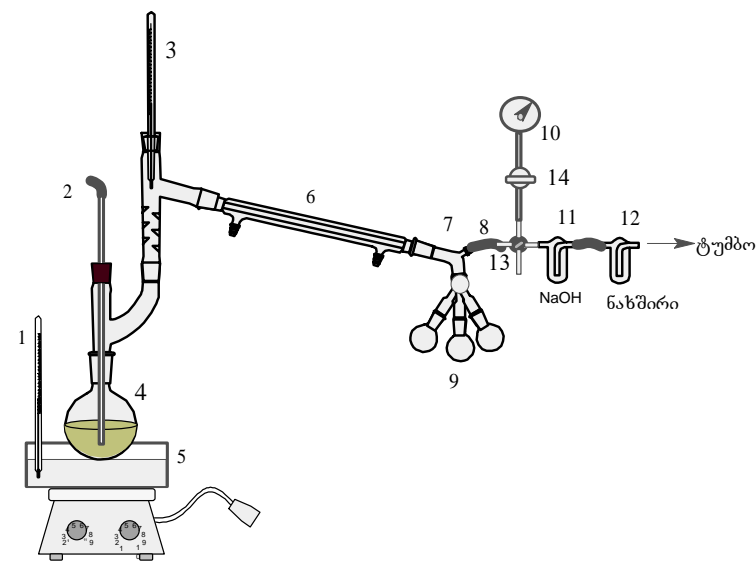
ვაკუუმ-ტუმბოს ჩართვისას მანომეტრისაკენ მიმართული ონკანი 14 დაკეტილია, ხოლო სამსვლიანი ონკანი 13 გადართულია ატმოსფეროსკენ (კოლბა გამოთიშულია ტუმბოსაკენ). შემდეგ მას

ფრთხილად გადართავენ სისტემისაკენ. გამოსახდელი კოლბა ცხელდება წყლის, ზეთის, ან

კუდის შენადნობიან აბაზანებზე.

ვაკუუმ გამოხდას იმავე სიჩქარით აწარმოებენ, როგორც ატმოსფერული წნევის დროს. გამოხდის დამთავრების შემდეგ საჭიროა დანადგარი გაცივდეს, ონკანი 14 დაიკეტოს და 13 გაიღოს (შეუერთდეს ატმოსფეროს), შემდეგ გამოირთვება ვაკუუმ ტუმბო. ონკანი 14 უნდა გაიღოს თანდათანობით, რათა ატმოსფერული ჰაერის ერთბაშად დაწოლამ არ გატეხოს ვერცხლისწყლის მანომეტრი.

ვაკუუმ-გამოხდისას აუცილებელია დამცველი სათვალით მუშაობა. სასტიკად აკრძალულია ვაკუუმის ჩართვის შემდეგ რაიმე შესწორების გაკეთება გამოსახდელ დანადგარში.



ნახ. 12. დანადგარი ვაკუუმ გამოხდისათვის: 1,3-თერმომეტრები, 2-კაპილარი, 4-კლაიზენის კოლბა, 5-აბაზანა, 6-მაცივარი, 7-„ობობა“, 8-„ობობის“ ტუბუსი, 9-მიმღები, 10-მანომეტრი, 11,12-მშთანთქმელი სვეტები, 13-სამსვლიანი ონკანი, 14-ონკანი.

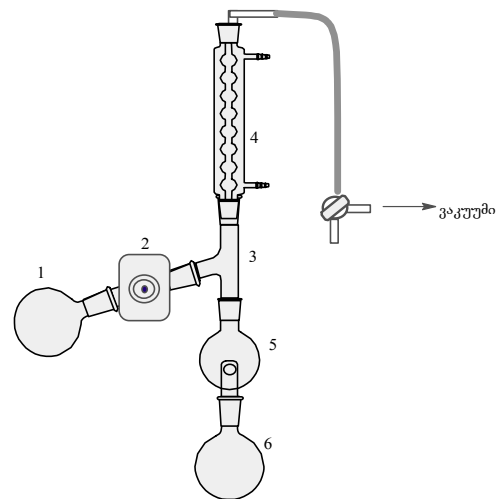
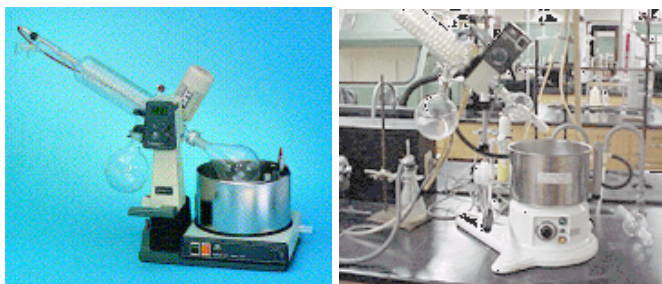
1.9. წყლიანი და უწყლო გამხსნელების გამხსნელების კონცენტრირება

წყლიანი და უწყლო გამხსნელების დაბალ ტემპერატურაზე ასაორთქლებლად ფართოდ გამოიყენება როტაციული ტიპის ამორთქლებლები (ნახ. 13).

არსებობს სხვადასხვა სახის ასეთი ამორთქლებელი (სურ. 4), რომელთა მუშაობა ერთი და იგივე პრინციპს ემყარება. ასაორთქლებელ ხსნარს ათავსებენ კოლბაში, რომელიც დახრილ მდგომარეობაში ბრუნავს თავისი ღერძის გარშემო. კოლბა მიერთებულია უკუმაცივართან, რომელშიც ცირკულირებს ცივი წყალი. უკუმაცივარი თავის მხრივ შეერთებულია ვაკუუმის

წყაროსთან (წყალჭავლიანი ტუმბო). კოლბის წრიული მოძრაობისას შიგა ზედაპირზე წარმოიქმნება ხსნარის თხელი ფენა. კოლბა თანაბრად ცხელდება აბაზანაში. ამასთან ერთად გამორიცხულია ხსნარის გადახურება და ამორტყოცნა. დიდი ასაორთქლებელი ფართის გამო, აორთქლების პროცესი სწრაფად მიმდინარეობს. როტაციულ ამაორთქლებელში, კარგი ჰერმეტიულობის შედეგად, დამყარებული ვაკუუმი შეადგენს 0,1 მმ ვერცხ.წყ.სვეტს. ხსნარების აორთქლების სიჩქარე 1 ლ ტევადობის კოლბიდან შეადგენს დაახლოებით 500 მლ/სთ-ში.

სურ. 4. როტაციული ამაორთქლებლები



ნახ. 13. როტაციული ამაორთქლებელი.
1- კოლბა ასაორთქლებელი ხსნარით, 2-როტორი, 3-გადამყვანი ყელი, 4-უკუმაცივარი, 5-გამანაწილებელი, 6- მიმღები

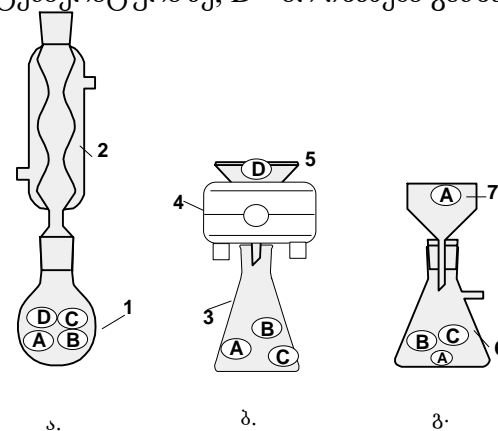
1.10. გადაკრისტალეზა

მყარი ორგანული ნაერთების გასუფთავების მნიშვნელოვან მეთოდს წარმოადგენს კრისტალიზაცია (გადაკრისტალეზა).

გადაკრისტალეზების საშუალებით ხდება ქიმიური მინარევების მოცილება და საკვლევი ნივთიერების სუფთა სახით მიღება.

გადაკრისტალეზების მეთოდი ეყრდნობა საკვლევი ნივთიერების და მინარევების განსხვავებულ ხსნადობას ერთსა და იმავე გამხსნელში (მაგალითად წყალში) სხვადასხვა ტემპერატურაზე.

გადაკრისტალეზების პროცესის არსი შემდეგში მდგომარეობს: ვთქვათ საკვლევი ნივთიერებაში შედის A ნივთიერება - 95%, B-3%, C-1%, D-მექანიკური მინარევები- 1% (A- გასასუფთავებელი ნივთიერებაა, რომლის ხსნადობა მკვეთრად იზრდება ტემპერატურის ზრდასთან ერთად. B და C-მინარევები, იხსნებიან გამხსნელში ოთახის ტემპერატურაზე, D - არ იხსნება გამხსნელში).

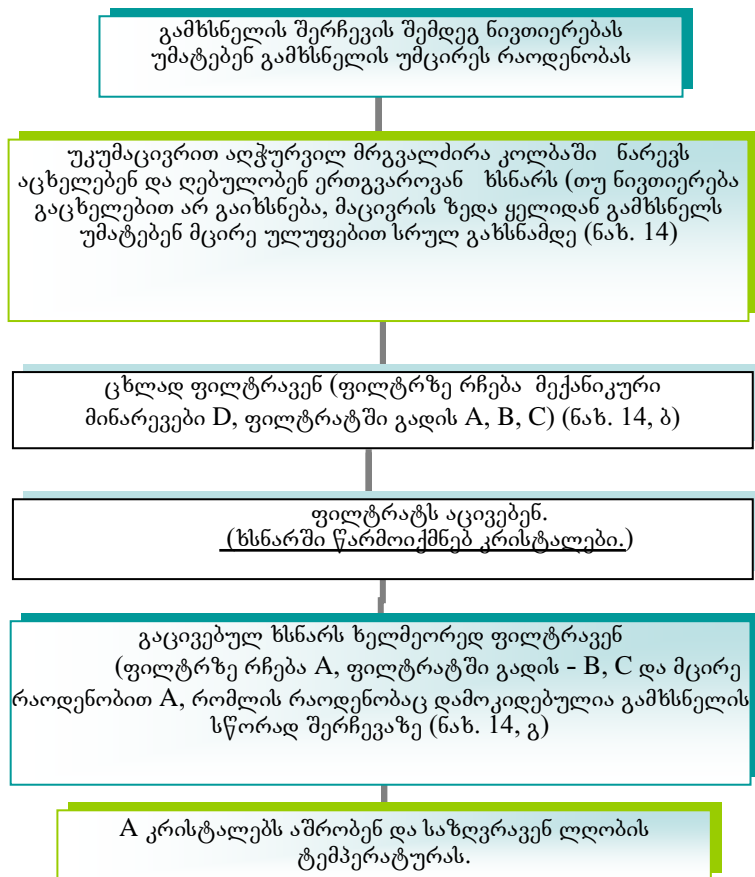


ნახ. 14.გადაკრისტალეზისათვის საჭირო ხელსაწყოები:
1- მრგვალძირა კოლბა; 2- უკუმაცივარი; 3- ერლენმეიერის კოლბა; 4- ძაბრის გამახურებელი; 5- მინის ძაბრი; 6-ბუნზენის კოლბა; 7-ბიუნზენის ძაბრი

საკვლევი ნივთიერებას გამხსნელში (მაგალითად, წყალი) ისეთი რაოდენობით ხსნიან, რომ 100 °C-ზე

გაცხელებით იგი იძლევა A ნივთიერების მიმართ ნაჯერ, ხოლო B და C ნივთიერებების მიმართ უჯერ ხსნარს. გაცივებით ღებულობენ A ნივთიერების მიმართ ზენაჯერ ხსნარს ამის გამო ეს ნივთიერება გამოკრისტალდება, B და C - კი მცირე პროცენტული შემცველობის გამო რჩებიან ხსნარში (მათ მიმართ ხსნარი უჯერი რჩება).

პრაქტიკულად გადაკრისტალდება უნდა ჩატარდეს შემდეგი სქემით:



თუ შესაფერისი გამხსნელი ვერ შეირჩა, მაშინ იღებენ გამხსნელების ნარევის, რომელთაგან ერთი კარგად, ხოლო მეორე ცუდად ხსნის გასასუფთავებელ ნივთიერებას. ამ დროს ხშირად გამოიყენება განზავებული სპირტის, ბენზოლის, ნაჯერი ნახშირწყალბადებისა და ქლოროფორმის ნარევი.

ზემოაღნიშნულ პროცესს იმეორებენ რამოდენიმეჯერ, სანამ საკვლევი ნივთიერება სუფთა სახით (99,9%) არ მიიღება. სისუფთავის ხარისხს ამოწმებენ ამ ნივთიერების ფიზიკური კონსტანტების დადგენით (ლლობის ტემპერატურა, ქრომატოგრაფია და სხვ.).

1.11. ექსტრაქცია

ხსნარიდან ან მყარი ნივთიერების ნარევიდან ნივთიერების გამოყოფას სხვადასხვა გამხსნელების საშუალებით *ექსტრაქცია (ანუ გამოწვლილვა)* ეწოდება. მას საფუძვლად უდევს სხვადასხვა ნივთიერების განსხვავებული ხსნადობა ერთსადაიმავე გამხსნელში ან ორ შეურევად გამხსნელში ერთიდაიგივე ტემპერატურაზე.

წყალხსნარიდან ორგანული ნაერთების გამოსაყოფად აწარმოებენ გამოწვლილვას ისეთი გამხსნელებით, რომლებიც წყალში უხსნადნი არიან, ხოლო მოცემული ნივთიერებები მათში კარგად იხსნებიან.

ექსტრაქციის დროს გამხსნელად ხშირად იყენებენ ადვილად აქროლად ნივთიერებებს - დიეთილის ეთერს, ბენზოლს, ქლოროფორმს და სხვ.

გახსნილი ნივთიერების განაწილება ორ თხევად ფაზას შორის (წყალი და ორგანული გამხსნელი) განიხილავთ ნერსტის განაწილების კანონის მიხედვით:

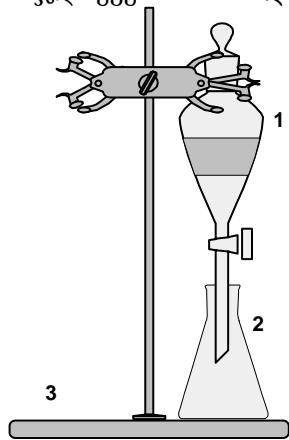
$$\frac{S_A}{S_B} = K$$

სადაც K- განაწილების კოეფიციენტი, S_A და S_B - განაწილებული ნივთიერებების ხსნადობა ორივე გამხსნელში (S_A - ორგანულ გამხსნელებში, S_B - წყალში).

K განაწილების კოეფიციენტი მოცემულ ტემპერატურაზე მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს.

ნივთიერების წყლიდან ექსტრაქციისათვის იყენებენ ისეთ ორგანულ გამხსნელს, რომელშიც მოცემული ნივთიერება იხსნება ბევრად უფრო ადვილად, ვიდრე წყალში, ე.ი. $S_A > S_B$. იმ შემთხვევაში, როდესაც $K \geq 20$, ნივთიერების წყლიდან გამოსაწვლილვად საკმარისია ერთჯერადი ექსტრაქცია.

თუ $K < 20$, ექსტრაქციას რამოდენიმეჯერ აწარმოებენ გამხსნელის ახალი ულუფების დამატებით. წყალხსნარებიდან ორგანული ნივთიერების ექსტრაქციას და ერთმანეთში შეურევადი სითხეების გამოყოფას აწარმოებენ ცილინდრისებრი ან მსხლისებრი გამყოფი ძაბრების საშუალებით (ნახ. 15). ექსტრაქციის დაწყებამდე საჭიროა შემოწმდეს გამყოფი ძაბრის ონკანის გამართულობა. ამისათვის მასში ასხავენ წყალს, თუ ონკანი წვეთავს, მას გაპოხავენ ვაზელინით. ძაბრს ამაგრებენ შტატივზე, ჩვეულებრივი ძაბრის საშუალებით ასხავენ საკვლევ სითხეს, უმატებენ მცირედენ გამხსნელს და მჭიდროდ ახურავენ საცობს. შემდეგ გამყოფ ძაბრს გადმოაბრუნებენ, თან ხელს უჭერენ საცობს, ონკანს და ფრთხილად შეანჯღრევენ, ამ დროს გამხსნელის აორთქლების შედეგად წარმოქმნილი ჭარბი წნევის მოსასპობად საჭიროა ონკანი გაიღოს მცირე ხნით, შემდეგ რამოდენიმე წუთის განმავლობაში ენერგიულად ანჯღრევენ ძაბრს და დროდადრო ალებენ ონკანს.



ნახ. 15. ექსტრაქციის მოწყობლობა
1- გამყოფი ძაბრი
2- ერლენშეიერის კოლა
3- შტატივი

შენჯღრევის დამთავრების შემდეგ გამყოფ ძაბრს ამაგრებენ შტატივზე, ქვეშ შეუღვამენ კოლბას ან ქიმიურ ჭიქას. ფენების მკაფიოდ გამოყოფის შემდეგ ძაბრიდან საცობს იღებენ, ალებენ ონკანს და ჩამოასხამენ ქვედა ფენას, ხოლო ზედა ფენას ძაბრის ზედა ხვრელიდან გადმოასხამენ.

ექსტრაქციის დამთავრების შესამოწმებლად ექსტრაქტის ბოლო წვეთს ათავსებენ საათის მინაზე და გამხსნელს აართქლებენ. თუ სინჯი აორთქლდა ნარჩენის გარეშე, მაშინ ექსტრაქცია დამთავრებულად ითვლება.

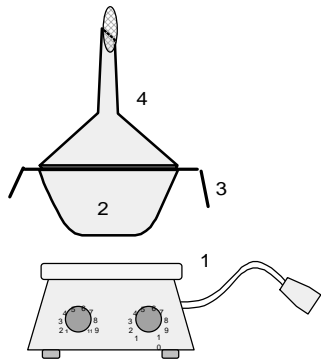
ეთერთან და სხვა ადვილად აალებად გამხსნელებთან მუშაობა არ შეიძლება ჩატარდეს ცეცხლთან ახლოს.

1.12. სუბლიმაცია (ზერთვილვა)

ზოგიერთ ნივთიერებას (იოდი, ქინონი, ბენზო-მჟავა, ნაფთალინი და სხვ.) მყარ მდგომარეობაში იმდენად მაღალი ორთქლის წნევა აქვს, რომ მათი გამოხდა შესაძლებელია გაღობის გარეშე – *ზერთვილვით (სუბლიმაციით)*. ამ ნივთიერების ორთქლი გაცივებისას, თხევადი ფაზის გაუვლელად, მყარ მდგომარეობაში გადადის. ზერთვილვას მყარი ნივთიერების გასუფთავების მიზნით მხოლოდ იმ შემთხვევაში იყენებენ, როდესაც მოცემული ნივთიერების მეტისმეტად დიდი ან მცირე ხსნადობის გამო ჩვეულებრივ გამხსნელებში მისი გადაკრისტალდება გაძნელებულია ან სრულიად არ ხერხდება.

ნივთიერების ზერთვილვას შემდეგნაირად აწარმოებენ. ნივთიერებას ათავსებენ ფაიფურის ჯამზე (ნახ. 16), ზევიდან ახურავენ რამდენიმე ადგილას გახვრეტილ ფილტრის ქალაღს. ფილტრის ქალაღს ზევიდან უფრო ნაკლები დიამეტრის მქონე მინის ძაბრს ახურავენ, რომლის ვიწრო ბოლოში მოთავსებულია ბამბა. ძაბრს გარედან ახვევენ სველ ქსოვილს. ჯამში მოთავსებულ ნივთიერებას ფრთხილად აცხელებენ აზბესტის ბადეზე. ცივი ძაბრის შიდა ზედაპირზე გამოიყოფა კრისტალები, ფილტრი ხელს უშლის კრისტალების უკან ჩაცვენას.

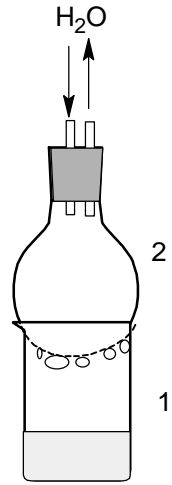
1.13. ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრა



ნახ. 16. სუბლიმაციის მოწყობილობა:
1- ელექტროქურა,
2-ფაიფურის ჯამი,
3-ფილტრის ქაღალდი,
4-მინის ძაბრი

ნივთიერების დიდი რაოდენობის სუბლიმაცია მოსახერხებელია ჩატარდეს ჭიქაში, რომლის ფსკერზე ასაქროლებელ ნივთიერებას ათავსებენ (ნახ. 17). ჭიქას ჰაერის ან ზეთის აბაზანაზე აცხელებენ. ჭიქაში 1 ჩაშვებულია კოლბა 2, რომელიც შიგნიდან გამდინარე წყლით ცივდება.

კოლბის გარეთა ზედაპირზე გამოიყოფა სუბლიმირებული კრისტალები. უნდა აღინიშნოს, რომ სუბლიმაცია ჩვეულებრივად საშუალებას იძლევა მივიღოთ ზესუფთა ნივთიერება.



ნახ. 17. სუბლიმაციის მოწყობილობა: 1-ქიმიური ჭიქა,
2-მრგვალძირა კოლბა

ტემპერატურას, რომლის ზემოთ მყარი ორგანული ნივთიერება გადადის სხვა ფიზიკურ მდგომარეობაში და გარდაიქმნება სითხედ, ლღობის ტემპერატურა ეწოდება. ამ ტემპერატურაზე ერთდროულად არსებობენ და წონასწორობაში იმყოფებიან როგორც თხევადი, ისე მყარი ფაზები.

ლღობის ტემპერატურა წარმოადგენს ორგანული ნაერთის მნიშვნელოვან ფიზიკურ კონსტანტას.

მინარევები მყარი ნივთიერების ლღობის ტემპერატურას დაბლა სწევს, ამიტომ ჭუჭყიანი ნივთიერების ლღობის ტემპერატურა ყოველთვის უფრო დაბალია, ვიდრე შესაბამისი სუფთა ნივთიერებისა.

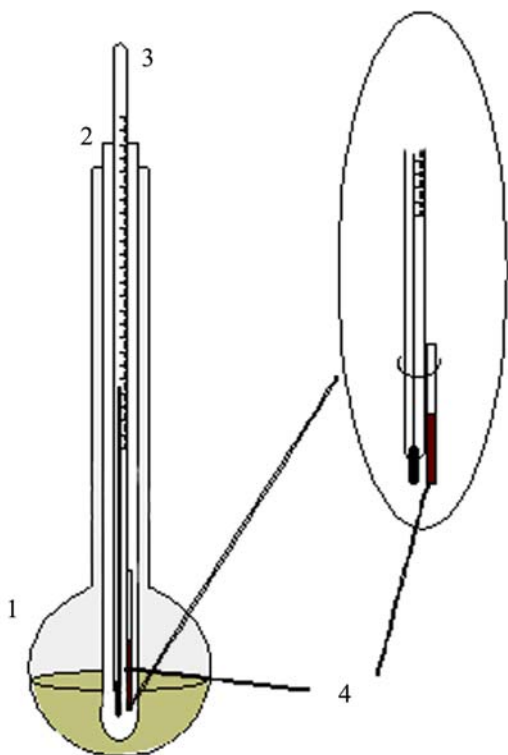
ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრას აწარმოებენ სხვადასხვა ხელსაწყოში. ერთ-ერთი ხელსაწყო მოცემულია –ზე.

თერმომეტრი სინჯარის ფსკერიდან უნდა იყოს დაშორებული 5-10 მმ-ით და არ უნდა ეხებოდეს კედლებს.

ნივთიერებას წვრილად აფხვიერებენ და ათავსებენ კაპილარში (სიგრძე 30-40 მმ, დიამეტრი არანაკლებ 1-1.5 მმ-ისა), რომელსაც ერთი ბოლო მიჩილილი აქვს. მის ღია თავს ჩაუშვებენ ფხვნილში. ამ დროს ფხვნილი თავსდება კაპილარის ზედა ნაწილში. კაპილარს გადააბრუნებენ ისე, რომ ღია თავი ზევით ჰქონდეს და ჩააგდებენ 50-70 სმ სიგრძის მშრალი მინის მილში, რომელიც ვერტიკალურად დგას მაგიდაზე (სასურველია მინის ზედაპირზე). ამ პროცედურას იმეორებენ. მრავალჯერადი ვარდნის შედეგად ნივთიერება კაპილარში იტკეპნება და წარმოიქმნება მისი მკვრივი სვეტი (ნივთიერებამ უნდა შეავსოს 2-3 მმ).

შემდეგ კაპილარს რეზინის ვიწრო რგოლით ამაგრებენ თერმომეტრზე ისე, რომ ნივთიერების სვეტი სინდიყიანი ბურთულის შუაში იყოს მოთავსებული. თერმომეტრი ჩაშვებულია სპეციალურ მრგვალძირა კოლბაში მოთავსებულ სინჯარაში (კოლბაში ჩასხმულია მაღალმდულარე ნივთიერება მაგალითად კონც. გოგირდმჟავა ან გლიცერინი). კოლბას გაახურებენ უსათუოდ აზბესტის ბადეზე. დასაწყისში ახურებენ სწრაფად

ლღობის ტემპერატურის მიღწევამდე 15-20 °C-ით ქვე-
მოთ. ლღობის წერტილთან გახურება ძალიან ნელა უნდა
ხდებოდეს, ხოლო 2-3 °C-ით მიახლოებისას, საერთოდ
წყვეტენ გახურებას.



ნახ. 18. ხელსაწყო ლღობის ტემპერატურის
განსაზღვრისათვის: 1- მრგვალიძირა კოღბა, 2-სინჯარა,
3-თერმომეტრი, 4-კაპილარი საკვლევი ნივთიერებით

იმ შემთხვევაში, როდესაც საზღვრავენ უცნობი
ნივთიერების ლღობის ტემპერატურას, გახურებას აწარ-
მოებენ ნელა, მთელი ცდის მსვლელობის განმავლობაში.

გაღღობა მიმდინარეობს ტემპერატურის გარ-
კვეულ ზღვრებში. ლღობის ტემპერატურის ათვლას იწ-
ყებენ თხევადი ფაზის წარმოქმნის პირველი ნიშნებიდან
და ამთავრებენ ნივთიერების გამჭვირვალე სითხედ
გარდაქმნისას.

რაც უფრო ნაკლებია ტემპერატურის ინტერვალი
ღღობის დაწყებასა და დამთავრებას შორის, მით უფრო
სუფთაა ნივთიერება. ლღობის ტემპერატურის განსაზ-
ღვრისას საჭიროა სიფრთხილე. მუშაობა უნდა ჩატარდეს
დამცველი სათვალით.

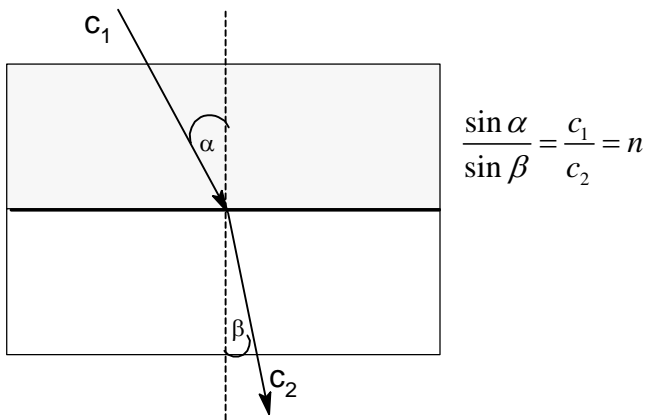
1.14. ბარდატეხის (რეზრაქციის) მარკენებელი

თხევადი ნივთიერებების იდენტიფიკაციისა და
სისუფთავის შესამოწმებლად აგრეთვე გამოიყენება
გარდატეხის მარკენებლის განსაზღვრა.

გარდატეხის მარკენებელი იზომება რეფრაქტო-
მეტრის საშუალებით. მისი მოქმედება დამყარებულია
შემდეგ პრინციპზე: მონოქრომატული სხივის ორი
სხვადასხვა გერემოს გამყოფი საზღვრის გავლისას
გარდაყდება გარკვეული კუთხით. გარდატეხის კუთხის
სიდიდის მნიშვნელობა ეფუძნება ნელიუსის კანონს:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = n$$

სადაც c_1 და c_2 სინათლის სიჩქარეებია პირველ და მეორე
გარემოში. გარდატეხის მარკენებლის სიდიდე
დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და ხსნარების
კონცენტრაციაზე. ორგანული ხსნარებისათვის ყოველი
ერთი გრადუსით ტემპერატურის გადიდება იწვევს
გარდატეხის მარკენებლის $4 \cdot 10^{-4}$ - $5 \cdot 10^{-4}$ ერთეულით შემ-
ცირებას.



ნ 1. სინათლის გარდატეხა. ორი გარემოს გაყოფის საზღვარზე

აქედან გამომდინარე რეფრაქტომეტრიის გამოყენებით შესაძლებელია ხსნარების კონცენტრაციის განსაზღვრა და ნივთიერებების სისუფთავის დადგენა.

გარდატეხის მაჩვენებელი ჩაიწერება შემდეგნაირად: n_D^{20} , სადაც n_D^{20} გაზომვის ტემპერატურა არის $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; D -ნატრიუმის ატომის გამოსხივების ხაზი. გარდატეხის მაჩვენებელი, როგორც დუღილის და ღვინოს ტემპერატურები, გვეკლინება ნივთიერების სპეციფიკურ მახასიათებლად.

მოლეკულური რეფრაქცია განისაზღვრება ლორენტც-ლორენცის ფორმულით

$$[R_i] = \frac{n_D^{20} - 1}{n_D^{20} + 2} \times \frac{M}{d}$$

სადაც n - გარდატეხის მაჩვენებელია; d -სიმკვრივე იმავე ტემპერატურაზე; M - მოლეკულური მასა.

გარდა ამისა, მოლეკულური რეფრაქცია შეიძლება გამოანგარიშებული იყოს ნაერთის სტრუქტურული ფორმულიდან: მათში შემავალი ატომური და სტრუქტურული კონსტანტების და რეფრაქციის კავშირების ჯამით.

კარგი შეთანხმება მოლეკულური რეფრაქციის ექსპერიმენტული და თეორიული მნიშვნელობისა

გვეკლინება დადგენილი ნაერთის ფორმულის სისწორის საიმედო მტკიცებად.

2. ქრომატოგრაფია

სორბციული მეთოდებით ნივთიერებათა ნარევების დაყოფას დინამიკურ პირობებში ქრომატოგრაფია ეწოდება.

ამ მეთოდს დიდი გამოყენება აქვს მეცნიერების და ტექნიკის სხვადასხვა დარგში (ქიმია, მედიცინა, ბიოლოგია და სხვ). განსაკუთრებული როლი ენიჭება ქრომატოგრაფიულ მეთოდს თანამედროვე ორგანული ქიმიის განვითარებაში, რადგან ამ მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია მეტად მნიშვნელოვანი საკითხების გადაჭრა, განხორციელება.

- ნივთიერებათა რთული ნარევების დაყოფა ცალკეულ კომპონენტებად.
- ნივთიერებათა თვისებითი და რაოდენობითი შედგენილობის განსაზღვრა.
- ნივთიერებათა ინდივიდუალობის დადგენა და სუფთა სახით გამოყოფა.

არსებობს ქრომატოგრაფიული მეთოდის სხვადასხვა სახეობა, რომლებიც კლასიფიცირდებიან შემდეგნაირად:

1. ქრომატოგრაფირების გარემოს აგრეგატული მდგომარეობის მიხედვით;
2. პროცესის მიმდინარეობის მექანიზმის მიხედვით.
3. აპარატული გაფორმების მიხედვით;

ქრომატოგრაფიული მეთოდების ზოგადი კლასიფიკაცია მოყვანილია ცხრილი 3-ში.

ქრომატოგრაფიული მეთოდის სახესხვაობები ფართოდაა განხილული სპეციალურ ლიტერატურაში.

აღსორბციულ ქრომატოგრაფიაში განხილ ნივთიერებათა ნარევების კომპონენტებად დაყოფა ეყრდნობა უძრავ და მოძრავ ფაზებს შორის წონასწორული განაწილების სხვაობას.

აღსორბციული ქრომატოგრაფიის პრინციპი მდგომარეობს იმაში, რომ საკვლევ ნივთიერებათა ნარევის (თხევად ან აირად ფაზაში) გატარებით აღსორ-

ბენტზე ნივთიერებები აღსორბირდებიან მათთვის დამახასიათებელი აღსორბციის სხვადასხვა უნარის გამო.

ცხრილი 3. ქრომატოგრაფიის მეთოდები

აგრეგატული მდგომარეობა	პროცესის მიმდინარეობის მექანიზმი	აპარატურული გაფორმება
თხევადი		სიბრტყის; ქალაქის; თხელფენოვანი; მაღალეფექტური თხელფენოვანი სვეტი; მაღალეფექტური სვეტის; სითხის მაღალწნევიანი
თხევად-თხევადი	გამანაწილებელი შებრუნებულ ფაზებზე; გელ-შელწვევადი; იონგაცვლითი	
თხევად-მყარი	აღსორბციული; აფინური; იონგაცვლითი; ჰიდროფობური	
აირადი		სვეტის; აირადი; ტემპერატურის; პროგრამირებით; წნევის პროგრამირებით
აირ-თხევადი	გამანაწილებელი	
აირ-მყარი	აღსორბციული	

აღსორბციის პროცესი და ნარევის კომპონენტებად დაყოფა მიმდინარეობს სხვადასხვა გამხსნელების საშუალებით (აირ-თხევადურ ქრომატოგრაფიაში გამხსნელად იხმარება ინერტული აირი).

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება აღსორბენტის და გამხსნელის შერჩევას.

აღსორბენტის შერჩევისას ყურადღება უნდა მიექცეს შემდეგ მოთხოვნებს:

- აღსორბენტი უნდა იყოს ქიმიურად ინერტული საკვლევი ნარევისა და გამხსნელების მიმართ.
- აღსორბენტი უნდა ხასიათდებოდეს შემავალი ნარევის შემადგენელი კომპონენტების მიმართ სხვადასხვა აღსორბციის უნარით.
- დიდი მნიშვნელობა აქვს აღსორბენტის დისპერსულობას. აღსორბენტის ნაწილაკების ზომების შემცირებასთან იზრდება შთანთქმის უნარი (ოპტიმალურ ზომებს ირჩევენ ექსპერიმენტულად).

გამხსნელის შერჩევისას ყურადღება ექცევა შემდეგ მოთხოვნებს.

ა) ინერტულობას საანალიზო ნარევისა და აღსორბენტის მიმართ;

ბ) მაქსიმალურად უარყოფითი აღსორბირების უნარს მოცემული აღსორბენტის მიმართ. ეს თვისებები ეყრდნობა გამხსნელების პოლარობას.

ქვემოთ ჩამოთვლილია გამხსნელები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ქრომატოგრაფიაში:

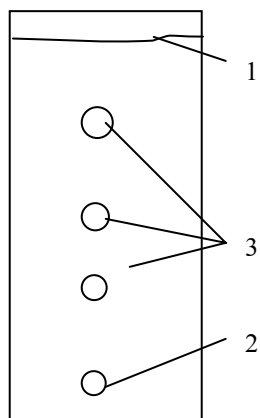
პეტროლენის ეთერი	პირიდინი
ციკლოჰექსანი	აცეტონი
ოთხქლოიანი ნახშირბადი	ნ.პროპანოლი
ბენზოლი	ეთანოლი
ქლორმეთანი	მეთანოლი
ქლოროფორმი	წყალი
დიეთილეთერი	ძმარმჟავა
ეთილაცეტატი	

თხელფენოვანი, სვეტური და აირთხევადი ქრომატოგრაფიის თავისებურებები განხილულია ქვემოთ.

2.1. თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის საშუალებით შეისწავლება ნივთიერებების ნარევეთა თვისებითი და რაოდენობითი შედგენილობა. უფრო იშვიათად, თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია გამოიყენება სუფთა ნივთიერებების გამოსაყოფად.

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია ეყრდნობა საკვლევ სხნარში შემავალი n კომპონენტების აღსორცის სხვადასხვა უნარს. შემდგომი თანმიმდევრული დესორბცია და გამოყოფა შემადგენელ კომპონენტებად მიმდინარეობს სხვადასხვა გამხსნელის საშუალებით. ექსპერიმენტის შედეგად ღებულობენ თხელფენოვან ქრომატოგრამებს. n - კომპონენტიანი სისტემისათვის ($n=3$) მიიღება შემდეგი სახის ქრომატოგრამა (ნახ. 19).



ნახ. 19. თხელფენოვანი ქრომატოგრამა:
1-ფრონტის საზი;
2-სტარტის საზი
3-კომპონენტების ლაქები;

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიისათვის გამოიყენება თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული ფირფიტა,

კრისტალიზატორი, თხელფენოვანი ქრომატოგრამის გამოსამჟღავნებელი კამერა.

ქრომატოგრაფიული ფირფიტა არსებობს მინის, პლასტმასის ან ლითონის, რომელზეც დაფენილია აღსორბენტის თხელი ფენა. აღსორბენტად შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა მშთანთქმელი. მათ შორის ყველაზე დიდი გამოყენება აქვს ალუმინის ოქსიდს (Al_2O_3), სილიკაგელს ($SiO_2 \cdot H_2O$). სორბენტის ფენა შეიძლება იყოს დამაგრებული ან დაუმაგრებელი.

კრისტალიზატორი წარმოადგენს მინის ჭურჭელს სახურავით, რომელშიც არის გამხსნელის მცირე რაოდენობა 3-4 მმ სიმაღლეზე. აუცილებლად უნდა შეირჩეს აღსორბენტ - გამხსნელის ისეთი სისტემა, რომელიც მოგვცემს კომპონენტების მკვეთრ განაწილებას მოცემულ სისტემაში.

გამოსამჟღავნებელი კამერა წარმოადგენს მინის ჭურჭელს, რომელშიც ათავსებენ იოდის კრისტალებს, რომლებიც ადვილად ორთქლდებიან და წარმოქმნიან იოდის ნაჯერ ორთქლს. იოდის ორთქლის საშუალებით ხდება ქრომატოგრამის გამომჟღავნება.

ქრომატოგრამის გამომჟღავნება შეიძლება აგრეთვე ქრომატოგრამის დასხივებით ულტრაიისფერი სხივებით; გოგირდმჟავით, რომელსაც ასხურებენ პულვერიზატორით და სხვა.

ექსპერიმენტის მსვლელობა. მუშაობის დასაწყისში ამზადებენ გამოსაკვლევი ნივთიერებების ნარევის 1-10%-იან სხნარს წინასწარ შერჩეულ გამხსნელში. წვრილი კაპილარის ბოლოთი ეხებიან სხნარის ზედაპირს. ამ დროს სხნარი ადის კაპილარში კაპილარული ძალების გავლენით.

ქრომატოგრაფიული ფირფიტის ერთ-ერთ ბოლოზე აწვეთებენ (კაპილარის საშუალებით) საკვლევი სხნარის ძალიან მცირე რაოდენობას (სტარტის საზი), ფირფიტას ათავსებენ გამხსნელის თხელ ფენაში იმავე ბოლოთი, რომელზეც დაწვეთებული იყო სინჯი, ისე, რომ საკვლევი ნივთიერება იყოს ახლოს გამხსნელთან.

გამხსნელი უნდა ავიდეს ფირფიტის ჩაშვებული ბოლოდან მეორე ბოლომდე, 1 სმ-ის დაშორებით (ფრონტის ხაზი).

გამხსნელი კაპილარული ძალების გავლენით მოძრაობს ქვემოდან ზემოთ (აღმავალი გზა) და თან წარიტაცებს საკვლევ ნივთიერებას. საკვლევი ნივთიერების მოძრაობა ქვემოდან ზემოთ ფირფიტაზე ეყრდნობა მის ადსორბციულ თვისებებსა და ხსნადობას. ამიტომ, რომ სხვადასხვა კომპონენტი ფირფიტაზე განლაგდება სხვადასხვა სიმაღლეზე.

ფირფიტას იღებენ გამხსნელიდან და აღნიშნავენ გამხსნელის ფრონტს.

ფირფიტას აშრობენ 5-30 წთ-ის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე.

გამხსნელი ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე ყველაზე სწრაფად ადის სორბენტის ადსორბციული უნარის გამო და გზაზე ტოვებს გამოსაკვლევი ნივთიერების კომპონენტებს.

ფირფიტის გაშრობის შემდეგ ხდება ქრომატოგრამის გამომჟღავნება გამოსამჟღავნებელ კამერაში.

თუ გამოსაკვლევი ნივთიერება არის სუფთა, მაშინ გამომჟღავნების შედეგად ლაქები გამოიყოფა ერთ ზონაში. ხოლო თუ ნივთიერება არ არის სუფთა, მაშინ ყოველი ნივთიერება ინდივიდუალური ლაქის სახით გამოიყოფა სხვადასხვა ზონაში.

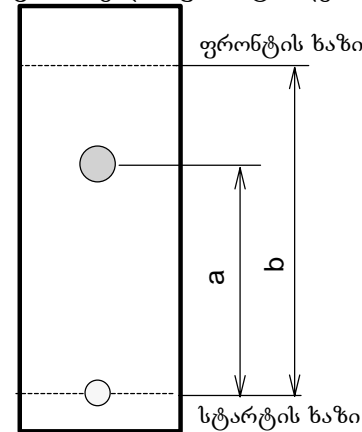
ერთი და იმავე სინჯის სხვადასხვა სორბენტზე და სხვადასხვა გამხსნელში ქრომატოგრამის გამომჟღავნებისას მიიღება ერთი ლაქა. ეს დამადასტურებელია იმისა, რომ აღებული სინჯი სუფთაა.

გარდა ამისა, საკვლევი ნაერთის ინდივიდუალობა შეიძლება დადგინდეს სტანდარტული ნაერთების გამოყენებით. საკვლევი ნივთიერებებისათვის ირჩევენ ცნობილ სტანდარტულ ნაერთს, რომლის შედგენილობა და აღნაგობა შეესაბამება საკვლევი ნივთიერების სავარაუდო აღნაგობას.

თხელფენოვანი ქრომატოგრამის ანალიზის ყველაზე ხელსაყრელი მეთოდია R_f სიდიდის განსაზღვრა. R_f გახსნილი ნივთიერების შეგვიანების ფაქტორია.

ეს სიდიდე წარმოადგენს შეფარდებას $R_f = a/b$ სადაც a არის მანძილი სტარტის ხაზიდან ლაქის

ცენტრამდე, ხოლო b -მანძილი სტარტის ხაზიდან გამხსნელის ფრონტამდე.



ადსორბენტისა და გამხსნელის შერჩევითი თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიით მიღებული ინფორმაცია სასარგებლოა როგორც სვეტური, ისე აირთხევადურ ქრომატოგრაფიაში.

ნახ. 20. ქრომატოგრამა

ამოცანა. თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის საშუალებით განვსაზღვროთ სტეარინამიდის სინთეზის დროს მიღებული პროდუქტის სისუფთავე.

ამოცანის მსვლელობა: იღებენ 0,5 გ სტეარინამიდს და ამატებენ 5 მლ აცეტონს. კაპილარის საშუალებით სინჯი გადააქვთ ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე, ფირფიტას უშვებენ კიუვეტაში, რომელშიც ქლოროფორმია, აყოვნებენ 30 წთ-ის განმავლობაში. ამოიღებენ ქრომატოგრაფიულ ფირფიტას და აშრობენ ოთახის ტემპერატურაზე, შემდეგ ამჟღავნებენ გამოსამჟღავნებელ კამერაში იოდის ორთქლით. სხვადასხვა ზონაში სტარტის ხაზიდან აღინიშნება 3 ლაქა, რაც მეტყველებს იმაზე, რომ მიღებულ პროდუქტში არის სტეარინმჟავა, სტეარინამიდი და სტეარინმჟავას ქლორანჰიდრიდი.

სასურველია თქვენს მიერ მიღებული პროდუქტების სისუფთავე განისაზღვროს თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიით.

2.2. სვეტური ქრომატოგრაფია

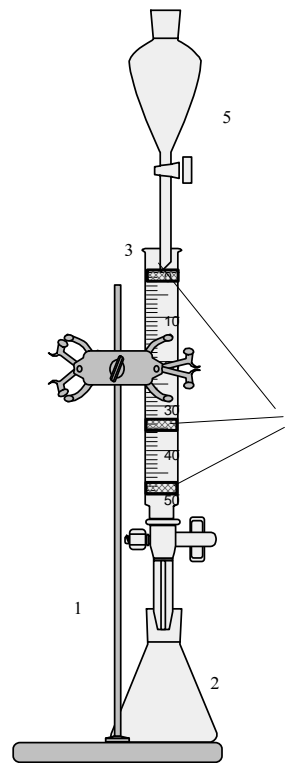
სვეტური ქრომატოგრაფიის მეთოდი გამოიყენება ნივთიერებათა ნარევების დასაყოფად ცალკეულ კომპონენტებად და აგრეთვე ნივთიერებების გასასუფთავებლად.

სვეტში ადსორბციის დროს მიმდინარეობს შემდეგი პროცესები: ნარევიდან ადსორბენტის მიერ ნარევის კომპონენტების სხვადასხვა სიჩქარით შთანთქმა (ადსორბცია), სვეტში სხვადასხვა სიმაღლეზე კომპონენტების განაწილება და გამორეცხვა (ერთდროულად მიმდინარეობს დესორბცია) იმავე ან სხვა გამხსნელის საშუალებით.

საკვლევი ხსნარი გადაადგილდება სვეტში ზევიდან ქვევით (დაღმავალი ქრომატოგრაფია) თვითღინებით. ამის შემდეგ ლებულობენ სხვადასხვა ფრაქციებს-ელუენტებს (ინდივიდუალური კომპონენტების ხსნარები). აგრეთვე შეგვიძლია ზოლების მიხედვით მშთამნთქმელის მექანიკური დაყოფა და მყარი ფრაქციების ინდივიდუალურად დამუშავება.

ეს პროცესი ხორციელდება მინის მილებში (სვეტებში). რომლებიც შევსებულია ადსორბენტით. n კომპონენტიანი სისტემისათვის ($n=3$) მიიღება სურათი, რომელიც მოცემულია ნახ.21-ზე. დაყოფის შემთხვევაში უფრო მოსახერხებელია, რომ ეს ზოლები იყოს შეფერილი, ამიტომ ამ მეთოდს უფრო ხშირად იყენებენ შეფერილი ნივთიერებების ნარევების დასაყოფად.

სვეტის გეომეტრიულ პარამეტრებს არჩევენ ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე. გამოიყენება სხვადასხვა სიგრძისა და დიამეტრის სვეტები სვეტის დიამეტრის და სიმაღლის ფარდობა შეესაბამება 1:10, 1:15, სორბენტის რაოდენობა 50-100-ჯერ მეტია დასაყოფი ნარევის რაოდენობაზე.



ნახ. 21. სვეტური ქრომატოგრაფიის მოწყობილობა:
1-შტატივი
2-ელუენტის მიმღები
3-სვეტი
4- მინისებური ბამბა
5-საწვეთი ძაბრი

სვეტური ქრომატოგრაფიის პროცესი შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:

ქრომატოგრაფიული სვეტის შევსებას ადსორბენტით შემდეგნაირად ახდენენ: სვეტის ქვედა ნაწილში ათავსებენ მინის ბამბის ტამპონს, შემდეგ სვეტს ავსებენ მშრალი ადსორბენტით (სვეტის მშრალი შევსების ხერხი), სვეტის ზედა ნაწილშიც უკეთებენ ბამბის ტამპონს და სვეტს ამაგრებენ შტატივზე ისე, რომ შეიძლებოდეს სვეტის ქვეშ მიმღების (კონუსური კოლბა) მოთავსება (ნახ. 21) ან შეიძლება ადსორბენტი წინასწარ დასველდეს (გაიჟლინოს) გამხსნელით (სვეტის შევსების სველი ხერხი) და შემდეგ შეტანილ იქნას სვეტში. მინის წკირზე წამოცმული საცობის დახმარებით ხელს უწყობენ ადსორბენტის თანაბარ დალექვას. სვეტის შევსებისას ადსორბენტს ჩარეცხავენ გამხსნელით და, როდესაც გამხსნელის დონე დაიწევს ზედა ტამპონამდე, სვეტში

ასხამენ წინასწარ მომზადებულ საკვლევ ნივთიერებათა ნარეგების ხსნარს გამხსნელში, სვეტის ზედა ბოლოზე მოთავსებული მინის ძაბრის საშუალებით. წარმოიქმნება რამოდენიმე ზონა (ფერადი რგოლები) სვეტის სხვადასხვა სიმაღლეზე. როდესაც ხსნარის დონე დაიწევს ბამბის ქვედა ტამპონის დონემდე, სვეტში უშვებენ ამავე გამხსნელს მცირე ულუფებით. იმის შემდეგ, როდესაც ქვედა შეფერილი ხსნარი გამხსნელთან ერთად გადავა მიმღებში და სვეტიდან დაიწყებს გამოსვლას უფერო სითხე, უნდა შეიცვალოს მიმღები, სვეტში დაემატოს სხვა გამხსნელი მცირე ულუფებით და დანარჩენი ელუენტები შეგროვდეს ცალ-ცალკე მიმღებში. მიღებული ელუენტის გამხსნელებს ააორთქლებენ ან ვაკუუმში, ან პეტრის ჯამში გამწოვის ქვეშ. გამოყოფილ კომპონენტებს განსაზღვრავენ კლასიკური მეთოდებით. მექანიკური დაყოფისათვის სარგებლობენ ე.წ. დასაშლელი სვეტით.

ექსპერიმენტული ნაწილი

ამოცანა 1. ო-ნიტროანილინის და აზობენზოლის დაყოფა სვეტში (ქრომატოგრაფიული სვეტის სველი შევსების ხერხი):

1. მომზადდეს 0,1-0,2 გ აზობენზოლისა და ო-ნიტროანილინის (1:1) ნარევის ხსნარი 10-15 მლ ოთხქლორიან ნახშირბადში.
2. შეივსოს სვეტი ადსორბენტით შემდეგნაირად:
 - აიწონოს 15 გ ალუმინის ჟანგი;
 - მომზადდეს 15 გ ალუმინის ჟანგის სუსპენზია 35-45 მლ ოთხქლორიან ნახშირბადში;
 - მიღებული ალუმინის ჟანგის სუსპენზია ჩაისხას მცირე ულუფებით - მინის წკირზე წამოცმული კაუჩუკის საცობის შეუჩერებელი კაკუნით;
 - სვეტის შევსების შემდეგ ჩაირეცხოს დატანილი ადსორბენტი იმავე გამხსნელით (CCl₄);
 - ჭარბ გამხსნელს უშვებენ სვეტიდან ბამბის ზედა ტამპონის დონემდე (გამხსნელი უნდა

წვეთავდეს სვეტიდან სიჩქარით 15-20 წვეთი წუთში).

3. როდესაც ოთხქლორიანი ნახშირბადის დონე დაიწევს ზედა ტამპონის დონემდე, სვეტში მაშინვე ასხამენ წინასწარ მომზადებულ აზობენზოლისა და ო-ნიტროანილინის ხსნარს. მალე სვეტში წარმოიქმნება ორი შეფერილი ზონა: ზევით - მოკლე, მუქი ყვითელი (ო-ნიტროანილინი), ქვევით ღია ყვითელი (აზობენზოლი).
4. როდესაც ხსნარის დონე დაიწევს ქვედა ტამპონამდე, სვეტში ულუფებად უნდა დაემატოს ოთხქლორიანი ნახშირბადი - 5 მლ რაოდენობით.
5. როდესაც აზობენზოლის ღია ყვითელი ფერის ხსნარი ოთხქლორიან ნახშირბადთან ერთად გადავა მიმღებში და სვეტიდან დაიწყებს გამოსვლას უფერო სითხე (ამას დასჭირდება დაახლოებით 25-30 მლ ოთხქლორიანი ნახშირბადი), უნდა შეიცვალოს მიმღები და ხსნარის დონემ დაიწიოს ზედა ტამპონამდე.
6. სვეტში დაემატოს დიეთილეთერი ულუფებით- 5 მლ. შეფერილი მეორე ელუენტი შეგროვდეს ცალკე მიმღებში (სვეტიდან ნიტროანილინის ჩასარეცხად დასჭირდება დაახლოებით 40 მლ ეთერი).
7. ორივე ელუენტის გამხსნელები უნდა აორთქლდეს ვაკუუმში 2-3 მლ-მდე მცირე ზომის ვიურცის ან პეტრის ჯამში (გამწოვის ქვეშ).
8. გამოითვალოს გამოყოფილი ნივთიერებების წონა (აზობენზოლის გამოსავალი შეადგენს დაახლოებით 60%, ნიტროანილინის - 90%-ს).
9. განსაზღვრავენ ო-ნიტროანილინისა და აზობენზოლის ლღობის ტემპერატურებს და შეადარებენ ცნობარის მონაცემებს.

ამოცანა 2. ო-, მ- და პ-ნიტროანილინის დაყოფა (სვეტის შევსების მშრალი ხერხი).

1. აიწონოს 50 გ კალციუმის ოქსიდი და შეტანილ იქნას სვეტში მშრალი სახით მცირე ულუფებით. სვეტის შევსებას აწარმოებენ ისე, რომ სვეტის 1/3 დარჩეს შეუვსებელი.
2. გაიჟლინოს ადსორბენტი პეტროლეინის ეთერით.
3. აიწონოს 0,45 გ ო-, მ- და პ-ნიტროანილინის ნარევი (1:1:1) და გაიხსნას პეტროლეინის ეთერში (50-60 მლ).
4. ჩაისხას მიღებული ხსნარი სვეტში მინის ძაბრის საშუალებით.
5. გამომჟღავნდეს ქრომატოგრამა. 200 მლ პეტროლეინის ეთერის დამატებით წარმოიქმნება 3 ზოლი: ზედა ღია-ყვითელი (პ-ნიტროანილინი), საშუალო ყვითელი (მ-ნიტროანილინი), ქვედა ყვითელი-ყავისფერი (ო-ნიტროანილინი).
6. ზოლების ელუირებას აწარმოებენ 4 მლ მეთილის სპირტის და 200 მლ ბენზოლის ნარევის დამატებით. ელუენტის ფრაქციებს შეაგროვებენ ცალ-ცალკე მიმღებში ზოლების ჩამორეცხვით.
7. თითოეული ფრაქციიდან გადადენიან გამხსნელს ვიურცის კოლბით.
8. განსაზღვრავენ მყარი პროდუქტის გამოსავალს თითოეულ შემთხვევაში.
9. განსაზღვრავენ გამოყოფილი ნივთიერებების ლობის ტემპერატურებს და შეადარებენ ცნობარის მონაცემებს.

ამოცანა 3. იზოოქტანის გაწმენდა მინარევებისაგან. ულტრაიისფერ სპექტროფოტომეტრზე იღებენ ტექნიკური იზოოქტანის შთანთქმის მრუდს 200-300 ნმ ტალღის უბანში. შემდეგ ატარებენ ტექნიკურ იზოოქტანს

სვეტში, რომელიც შევსებულია გარკვეული მარკის სილიკაგელით (სიგრძე 50 სმ; დიამეტრი-10 მმ).

გამოყოფენ სამ ფრაქციას: 1 -2 წუთის, 2 -14 წუთის და 3 -30 წუთის შემდეგ. ფრაქციების შთანთქმის მრუდს იღებენ ტალღის იმავე უბანში და ადარებენ ერთმანეთს. სუფთა იზოოქტანს არ ახასიათებს შთანთქმა 200-300 ნმ უბანში.

სასურველია ამ მეთოდის გამოყენება თქვენს მიერ მიღებული ნაერთების დასაყოფად ან გასასუფთავებლად.

2.3. აირ-თხევადური ქრომატოგრაფია

აირ-თხევადური ქრომატოგრაფია დანიშნულების მიხედვით შეიძლება იყოს - ანალიზური და პრეპარატული. ანალიზურ აირ-თხევადურ ქრომატოგრაფიაში სინჯის გაყოფა ხდება მყარ მატარებელზე დაფენილ თხევად ფაზაზე (სორბენტი), რომლის მიმართაც საანალიზო სინჯი გადაადგილდება ინერტული მატარებელი აირის (He, N₂, H₂ და სხვ.) საშუალებით.

აირთხევადურ ქრომატოგრაფებში მიმდინარეობს შემდეგი ფიზიკური მოვლენები:

n-კომპონენტიანი სინჯის აორთქლება

n-კომპონენტების ადსორბცია თხევად ფაზაზე.

n-კომპონენტების თანმიმდევრული დესორბცია მათი შემდგომი რეგისტრაციით.

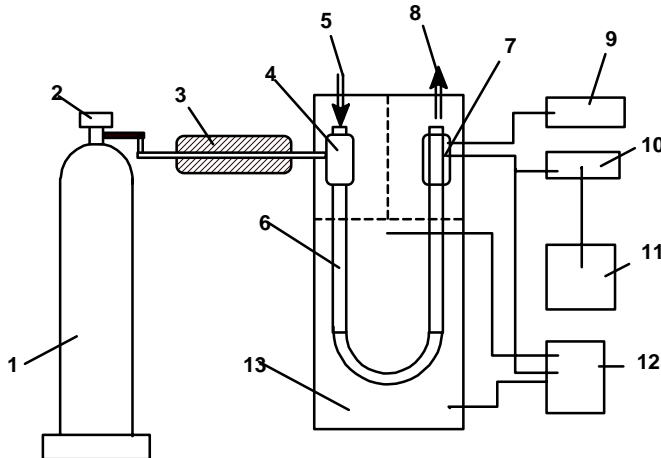
n-კომპონენტიანი სისტემის (n=7) ანალიზის შედეგად მიღებული ქრომატოგრამა მოცემულია ნახ. 22-ზე.

ქრომატოგრაფს აქვს შემდეგი ძირითადი კვანძები: ამართქლებელი - სინჯის ასაორთქლებლად, სვეტი - სინჯის კომპონენტებად დაყოფისათვის და დეტექტორი - დაყოფილი კომპონენტების რეგისტრაციისათვის, რომლის მუშაობის პრინციპი ეყრდნობა თბოგადაცემის ან იონიზაციის ხარისხის ცვლილებებს.



τ გამოსვლის დრო, წმ

ნახ. 22. შვიდკომპონენტიანი სისტემის ქრომატოგრამა



ნახ. 23. აირ-თხევადური ქრომატოგრაფიის პრინციპული სქემა: 1-ბალონი აირმატარებლის აირით; 2-რედუქტორი წნევის სარეგულირებლად; 3-გასუფთავების სისტემა; 4-ამაორთქლებელი; 5-სინჯის შესაშვები კვანძი; 6-სვეტი; 7-დეტექტორი; 8-აირმატარებლის ატმოსფეროსთან კავშირი; 9,10- გამაძლიერებელი; 11-პოტენციომეტრი; 12-თერმოსტატის ტემპერატურის რეგულირების ბლოკი; 13-თერმოსტატი

ქრომატოგრაფიული პროცესის მსვლელობა შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ (ნახ. 23): აირმატარებელი აირი ბალონიდან 1 რედუქტორის 2 და გამწ-

მენდი სისტემის 3 გავლით გადადის ამაორთქლებელში 4, რომელსაც სინჯის შესაშვები კვანძიდან 5 მიკროშპრიცის საშუალებით შეიყვანება საკვლევი სინჯი.

ამაორთქლებელში სინჯი გადადის აირად მდგომარეობაში და მატარებელ აირთან ერთად შედის სვეტში 6. სვეტში სინჯი სორბირდება თხევად უძრავ ფაზაზე და ცალკეული კომპონენტის სახით გადადის დეტექტორში 7, რომელიც ახდენს მათ რეგისტრაციას და 9,10 ელექტრომეტრული გამაძლიერებლების გავლით ავზავნის პოტენციომეტრზე შესაბამისი სიგნალების სერიას.

2.3.1. ძირითადი კვანძების დეტალიზაცია

ამაორთქლებელი. ამაორთქლებელში სინჯი ორთქლდება აირმატარებლის მიერ, მისი სვეტში გადაადგილებისათვის. ამაორთქლებელი კონსტრუქციულად გაერთიანებულია სინჯის შესაშვებ კვანძთან. სინჯის რაოდენობები ძალიან მცირეა (1-10 მკლ) და მათი დოზირების სიზუსტე მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს, ამიტომ არსებობს სპეციალური კონსტრუქციის მიკროშპრიცები.

დიდი მნიშვნელობა აქვს აირმატარებლის სისტემის ჰერმეტიულობას, რისთვისაც სინჯის შესაშვები კვანძი ალკურვილია სპეციალური მოწყობილობით.

სვეტი. სვეტში მიმდინარეობს საკვლევი სინჯის დაყოფა ცალკეულ კომპონენტებად. სვეტები არსებობენ - წყობურა (რომლებიც დატენილია მყარ მატარებელზე დაფენილი თხევადი ფაზით), ადსორბენტიანი და კაპილარული (რომლებშიც თხევადი ფაზა დაფენილია უშუალოდ სვეტის კედლებზე). სვეტებს ამზადებენ ლითონისაგან (უჟანგავი ფოლადი, სპილენძი, ალუმინი) მინისაგან და პლასტმასისაგან (ტეფლონი). სვეტის გეომეტრიულ პარამეტრებს (სიგრძე და შიგა დიამეტრი) დიდი მნიშვნელობა აქვს. სიგრძის გადიდებით იზრდება სვეტის ეფექტურობა, მაგრამ ამავე დროს იზრდება წნევათა სხვაობაც. ამიტომ საჭიროა სვეტის ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევა. უფრო ხშირად

იხმარება 1-3 მეტრის სიგრძისა და 3-6 მმ შიგა დიამეტრის მქონე სვეტები. კაპილარულ სვეტებში მატარებელ აირს არ ხვდება წინააღმდეგობა მყარი მატარებლის და თხევადი ფაზის სახით. ამიტომ მათი სიგრძის ზრდა (100 - 120 მეტრი) არ იწვევს წნევათა სხვაობის ცვლილებას. კომპაქტურობის მიზნით სვეტებს აძლევენ სპირალის ფორმას.

დეტექტორები. დეტექტორზე მიმდინარეობს სვეტში დესორბირებული ცალკეული კომპონენტების რეგისტრაცია. დეტექტორის მთავარი დანიშნულებაა კონცენტრაციის ან სხვა პარამეტრის დამოკიდებულების ცვლილების რეგისტრაცია დროის მიმართ. ამრიგად, დეტექტორი წარმოადგენს ყველა ქრომატოგრაფიის ერთ-ერთ საკვანძო ნაწილს, რადგანაც ძირითადად განსაზღვრავს ცდის მთელ შედეგს. ამასთან დაკავშირებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება დეტექტორის სწორ შერჩევას.

არსებობს *დიფერენციალური* და *ინტეგრალური* დეტექტორები. დიფერენციალურ დეტექტორებში მიმდინარეობს ერთ-ერთი პარამეტრის (კონცენტრაცია, ნაკადი) მყისიერი რეგისტრაცია, ხოლო ინტეგრალური დეტექტორები ახდენენ ნივთიერების რაოდენობის რეგისტრაციას დროის განსაზღვრულ მონაკვეთში.

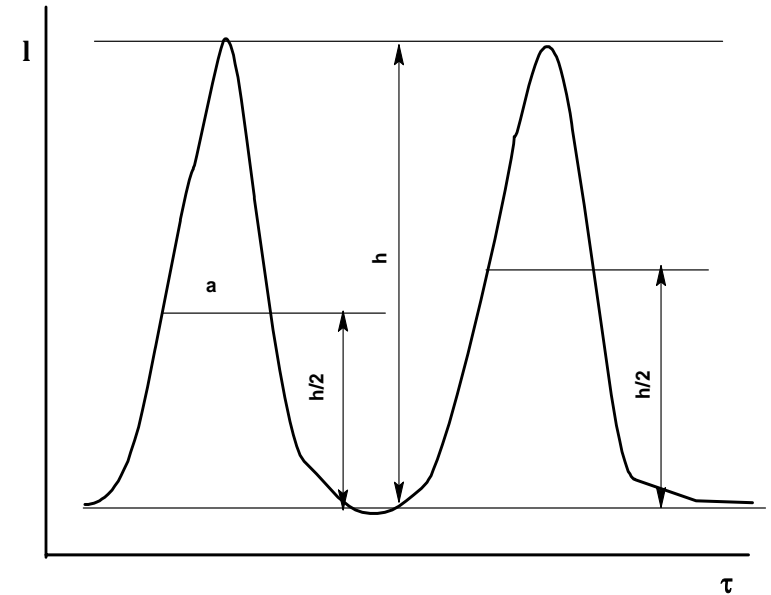
ყველაზე მეტად გამოიყენება დიფერენციალური კონცენტრაციული დეტექტორი - კატარომეტრი და დიფერენციალური ნაკადური ალით იონიზირებული დეტექტორი.

კატარომეტრის მუშაობის პრინციპი დამყარებულია იმ მოვლენაზე, რომ მგრძნობიარე ელემენტის ელექტროგამტარობა იცვლება გარემომცველი აირადი კომპონენტის თბოგამტარობის პროპორციულად. ალით დაიონებული დეტექტორის მუშაობის პრინციპი კი დამყარებულია იმ მოვლენაზე, რომ წყალბადის ალში მოხვედრისას ცალკეული კომპონენტი განიცდის იონიზაციას, რომლის ხარისხის შესაბამისად წარმოიქმნება იონური დენი.

ამ დეტექტორების მიერ წარმოქმნილი ყოველი კომპონენტის შესაბამისი ელექტრული სიგნალი იმდენად მცირეა, რომ აუცილებელია მათი გაძლიერება ელექტრო-

მეტრული გამაძლიერებლის საშუალებით. სიგნალის სიდიდის ცვლილება დამოკიდებულია კომპონენტების ინდივიდუალურობასა და კონცენტრაციაზე, რაც პოტენციომეტრის ლენტაზე იძლევა თანმიმდევრულად განლაგებულ პიკებს.

ორკომპონენტიანი საკვლევი ხსნარის ტიპური ქრომატოგრამა მოყვანილია ნახ. 24-ზე.



ნახ. 24. ქრომატოგრაფიული პიკების პარამეტრები (A- ნ-დეკანი; B- იზოოქტანი); h-პიკის სიმაღლე; a-სიგანე სიმაღლის ნახევარზე; h/2- პიკის სიმაღლის ნახევარი

2.4. თვისებითი და რაოდენობითი ანალიზი

ქრომატოგრაფის მუშაობის გარკვეულ რეჟიმში ყველა ინდივიდუალურ ნაერთს აქვს მახასიათებელი პარამეტრები: გამოსვლის დრო (τ), პიკის სიმაღლე (h) მმ; პიკის ფართობი (S) მმ², რომლებიც ქრომატოგრაფიული ანალიზისას განსაზღვრავენ ნაერთის ინდივიდუალობას.

თვისებითი ანალიზი. თვისებით ანალიზს ატარებენ ნივთიერება – ნაჭდევის (სტანდარტის) მეთოდით. ამისათვის იღებენ საკვლევი სინჯისა და ნივთიერება–ნაჭდევის ქრომატოგრაფებს ერთნაირ პირობებში. ქრომატოგრაფის პარამეტრების დამთხვევა მიგვითითებს იმაზე, რომ საკვლევი სინჯი ნივთიერება – ნაჭდევის იდენტურია.

ნივთიერება–ნაჭდევის უქონლობის შემთხვევაში მას, ლებულობენ „შემხვედრი სინთეზით“ ან სარგებლობენ ლიტერატურული მონაცემებით.

ქრომატოგრაფიული პიკის პარამეტრები (h, a, S) მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ისეთ ცვლად სიდიდეებზე, როგორებიცაა სინჯის დოზა, მატარებელი აირის სიჩქარე, ადსორბენტისა და მყარი მატარებლის ბუნება, კონცენტრაცია, ამიტომ ლიტერატურული მონაცემებით იდენტიფიკაციისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მოცემული რეჟიმის დიდი სიზუსტით მართვასა და შენარჩუნებას.

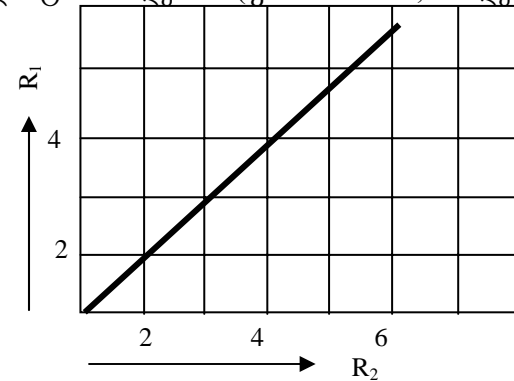
რაოდენობითი ანალიზი. საანალიზო ნარევის რაოდენობითი დახასიათებისათვის სხვადასხვა მეთოდი არსებობს. ნორმირების, შინაგანი სტანდარტის, აბსოლუტური კალიბრაციის, სტანდარტული ნამატის და სხვ. ყველაზე ხშირად, სიმარტივისა და სიზუსტის გამო იხმარება შინაგანი სტანდარტის მეთოდი, რომელიც ეყრდნობა პიკის ფართობისა* და კომპონენტის რაოდენობის პროპორციულობას. ანალიზის ჩასატარებლად ამზადებენ საკვლევი ნარევისა და სტანდარტის სხვა-

* პიკის ფართობი $S=h \cdot a$, სადაც h არის პიკის სიმაღლე, a კი – ნახევარსიმაღლე

დასხვა კონცენტრაციის მქონე ნარევებს, იღებენ ქრომატოგრაფებს, აგებენ საკალიბრაციო მრუდს შემდეგ კოორდინატებში (ნახ. 25).

$$R_1 = \frac{S_i}{S_{სტ}}; R_2 = \frac{m_i}{m_{სტ}}$$

სადაც S_i არის –საკვლევი პიკის ფართობი; $S_{სტ}$ –სტანდარტის პიკის ფართობი; m_i –საკვლევი ნაერთის რაოდენობა; $m_{სტ}$ – სტანდარტის რაოდენობა (ფართობი –მმ², რაოდენობა –მკლ).



ნახ. 25. რაოდენობითი ანალიზი შინაგანი სტანდარტის მეთოდით (იზოქტანისა და ნ-დეკანის ექსპერიმენტული საკალიბრაციო მრუდი).

საკალიბრაციო მრუდის საშუალებით მყარდება კავშირი სინჯისა და სტანდარტის რაოდენობებსა და ფართობებს შორის*. როდესაც საჭიროა უცნობი რაოდენობრივი შედგენილობის ნარევის ანალიზი, საკვლევი სინჯს უმატებენ შინაგანი სტანდარტის ცნობილ რაოდენობას,

* შინაგანი სტანდარტის წინაშე დასმულია შემდეგი მოთხოვნები: სტანდარტი ქრომატოგრაფაზე უნდა გამოდიოდეს საკვლევი სინჯის ახლოს სრულიად განცალკევებული და უნდა იყოს კიმიურად ინერტული სინჯის მიმართ.

იღებენ ქრომატოგრამას, ითვლიან ფარდობას $R_i = \frac{S_i}{S_{სტ}}$ და

საკალიბრაციო მრუდის საშუალებით იგებენ R_i შესაბამის R_2 -ის მნიშვნელობას. R_2 -ის ფარდობაში უცნობია მხოლოდ m_i , რომელიც ტოლია $m_i = m_{სტ} \cdot R_2$.

მაგალითად ნახაზზე გამოსახული A და B პიკების R_1 -ის შესაბამისი $R_2 = 1.5$, ხოლო სტანდარტის რაოდენობა ცნობილია და უდრის $m_{სტ} = 0,5$ მკლ.

მაშასადამე, ფარდობიდან $R_2 = \frac{m_i}{m_{სტ}}$, $m_i = m_{სტ} \cdot R_2 = 0.75$ ე.ი

საკვლევი კომპონენტის რაოდენობაა 0.75 მკლ.

ამოცანა. დაამზადეთ $AlCl_3$ -ით იზომერიზებული იზოოქტანისა და შინაგანი სტანდარტის ნ-დეკანის ნარევები შემდეგი ფარდობებით:

იზოოქტანი	ნ-დეკანი
1	1
3	1
4	1

ააგეთ საკალიბრაციო მრუდი და ჩაატარეთ მოცემული უცნობი რაოდენობრივი ნარევის ანალიზი შინაგანი სტანდარტის მეთოდით.

სასურველია თუ ამ მეთოდს გამოიყენებთ თქვენს მიერ სინთეზირებული რომელიმე ნაერთის რაოდენობრივი დახასიათებისათვის.

3. ორბანული ნაერთების ელემენტური ანალიზი

სინთეზირებული ნაერთის შედგენილობის და აღნაგობის დასადგენად ფიზიკურ მეთოდებთან ერთად ფართოდ გამოიყენება ორგანული ქიმიისათვის დამახასიათებელი სპეციფიკური მეთოდები.

3.1. ორბანული ნაერთების დამოკიდებულება ბაზურების მიმართ

ნაერთის ორგანული ბუნება დასტურდება მისი ადვილი წვით. დანის ან წკირის წვერზე ათავსებენ საკვლევ ნივთიერებას და შეაქვთ სპირტქურის ალში. როგორც წესი, ორგანული ნივთიერებები გაცხელებისას აქროლდება ან ნახშირდება, ხოლო შემდგომი გაკარვარებისას იწვის მთლიანად, არაორგანული ნაერთების წვის შედეგად კი რჩება ნაცარი.

სინჯის წვის დროს სუსტად განათებული მოცისფრო ალი მიგვითითებს ჟანგბადშემცველ ნივთიერებაზე (სპირტები, ეთერები, აგრეთვე ნაჯერი ნახშირწყალბადები და სხვ.), ხოლო ყვითელი, ხშირად ჭვარტლიანი ალი ახასიათებთ ნახშირბადით მდიდარ უჯერ ნახშირწყალბადებს (ალკინები, არომატული ნახშირწყალბადები და სხვ.).

იმ შემთხვევაში, როდესაც ორგანული ნივთიერებების შემადგენლობაში შედის ლითონი (კარბონ-, სულფო-, სულფინმჟავების მარილები, ალკოჰოლატები, ფენოლატები, მერკაპტიდები, კომპლექსური მარილები და სხვ), წვის შედეგად რჩება ნაცარი -არაორგანული ნაერთების ნარევი, რომლებსაც აანალიზებენ მათთვის დამახასიათებელი კლასიკური რეაქციებით. თუ ნარჩენი წარმოადგენს მეტალის ოქსიდს ან კარბონატს, ეს იმას ნიშნავს, რომ საანალიზო ნივთიერება არის მჟავას მარილი (კარბონმჟავა, ფენოლი და სხვ), სულფიდის მიღება კი მიგვითითებს, რომ აღებული ნივთიერება იყო კეტონის ან

აღდეჭილის ბისულფიტური ნაწარმი, სულფინ - ან სულფომჟავების მარილი, ან მერკაპტიდი.

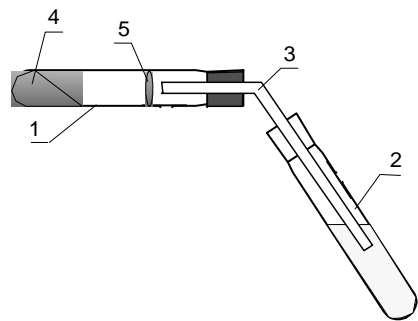
3.2. ორგანული ნაერთების თვისებითი ანალიზი

3.2.1. ნახშირბადის და წყალბადის აღმოჩენა

მეთოდი ეყრდნობა ორგანული ნივთიერებისა და დამჟანგავის (CuO) შეღებვის დროს ორგანული ნივთიერების ნახშირბადის სრულ დაჟანგვას ნახშირბადის (IV) ოქსიდამდე (CO₂), წყალბადისა კი - წყლამდე.

ცდის ჩატარებისათვის სარგებლობენ მშრალი სინჯარით, რომელსაც მორგებული აქვს აირგამყვანი მილი.

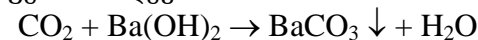
ცდის მსვლელობა. სინჯარაში (1) (ნახ. 26) ათავსებენ სპილენძის ოქსიდის შავი ფერის ფხვნილს (5 მმ სიმაღლით). ამატებენ ცოტაოდენ საკვლევ ნივთიერებას და ენერგიულად ურევენ სინჯარის შენჯღრევით.



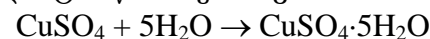
ნახ. 26. ნახშირბადის და წყალბადის აღმოჩენისათვის საჭირო ხელსაწყო: 1- სინჯარა საკვლევ ნივთიერებით; 2-სინჯარა Ca(OH)₂-ის ან Ba(OH)₂-ის ხსნარით; 3-აირგამყვანი მილი; 4-საკვლევ ნივთიერებისა და დამჟანგავის ნარევი; 5-უწყლო შაბიამნიანი ბამბა.

სინჯარის ზედა ნაწილში ათავსებენ მცირეოდენ ბამბას, რომელზედაც დაყრილია უწყლო შაბიამნის (სპილენძის სულფატი) თეთრი ფხვნილი. სინჯარას

ახურავენ აირგამყვანი მილიდან საცობს, ამასთან აირგამყვანი მილის მეორე ბოლოს ჩაუშვებენ სინჯარაში (2), რომელშიც ჩასხმულია 5-6 წვეთი ბარიუმის ან კალციუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი. პირველ სინჯარას აცხელებენ სპირტქურის ალზე. რომოდენიმე წამის შემდეგ აირგამყვანი მილიდან დაიწყებს გამოსვლას აირის ბუშტულები, Ca(OH)₂-ის ან Ba(OH)₂-ის ხსნარი აიძვრება და ბოლოს გამოიყოფა CaCO₃- ის ან BaCO₃- ის თეთრი ფერის ნალექი:



აშორებენ სინჯარას (2). სინჯარის (1) გაცხელებას აგრძელებენ, სანამ წყლის ორთქლი არ მიაღწევს ბამბის ფენას და არ გამოიწვევს მასზე მოთავსებული თეთრი ფხვნილის (უწყლო შაბიამნის) ფერის შეცვლას კრისტალჰიდრატის წარმოქმნის გამო:



3.2.2. აზოტის, გოგირდის და ჰალოგენების აღმოჩენა

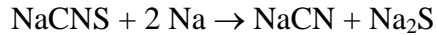
ორგანულ ნაერთებში აზოტის, გოგირდის და ჰალოგენების განსაზღვრისათვის ეს ელემენტები გადაჰყავთ იონიზირებულ ფორმაში, რომელთათვისაც ცნობილია ანალიზის მრავალი კლასიკური მეთოდი. ამ გადაყვანას აწარმოებენ ორგანული ნაერთების შეღებვით ლითონურ ნატრიუმთან (ლასენის სინჯი), რის შედეგად წარმოიქმნება NaCN, Na₂S და NaHal. ორგანული ნაერთი, რომელიც შეიცავს



აღსანიშნავია, რომ შეღებვისათვის უნდა იყოს აღებული ნატრიუმის ჭარბი რაოდენობა. ამასთან ყურადღება უნდა მიექცეს ნატრიუმის შეღებვის პროცესს ორგანულ ნივთიერებასთან ერთად. თუ ნატრიუმი გალღვება საკვლევ ნივთიერებისაგან განცალკევებით, მაშინ იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც ნივთიერებაში არის აზოტი, NaCN არ წარმოიქმნება და ცდა უშედეგო იქნება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ნატრიუმის ნაკლებობის დროს აზოტი და გოგირდი წარმოქმნიან ნატრიუმის როდანიდს

NaCNS, რომელიც აზოტის განსაზღვრის შემთხვევაში გარდაიქმნება $\text{Fe}(\text{CNS})_3$, რაც იძლევა საკვლევი ხსნარის წითელ შეფერვას.

ნატრიუმის ჭარბი რაოდენობის დროს ნატრიუმის როდანიდი NaCNS იშლება შემდეგი რეაქციის მიხედვით:



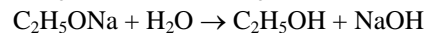
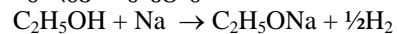
ცდის მსვლელობა. საკვლევი ნივთიერების შელ-ლობა ნატრიუმთან და სამუშაო ხსნარის მიღება. მშრალ სინჯარაში ათავსებენ 5-10 მგ საკვლევ აზოტმემცველ ნივთიერებას და შეაქვთ ლითონური ნატრიუმის პატარა ნაჭერი (დანის საშუალებით ნატრიუმს ამორებენ ოქსიდის აფსკს). ნარევს აცხელებენ სპირტქურის ალზე საკვლევი ნივთიერების ლითონურ ნატრიუმთან შელლობამდე. შელლობის მიმდინარეობის დროს მოსალოდნელია მცირე აფეთქებები.

სინჯარას გაცივების შემდეგ უმატებენ რამდენიმე წვეთ ეთილის სპირტს რეაქციაში შეუსვლელი ნატრიუმის მთლიანად მოშორების მიზნით, შემდეგ უმატებენ 3-4 მლ გამოხდილ წყალს და სინჯარას აცხელებენ NaCN-ის მთლიანად გახსნამდე. აზოტის, გოგირდის და ჰალოგენების აღმოჩენისათვის მიღებული სამუშაო ხსნარის დამუშავება ხდება სხვადასხვა გზით.

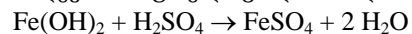
აზოტის აღმოჩენა.

წარმოქმნილი ხსნარისათვის დამახასიათებელ ტუტე არეს* ამოწმებენ ფენოლფტალეინით. ხსნარი გადააქვთ მცირე სინჯარაში, სადაც მოთავსებულია FeSO_4 -ის კრისტალები და ამატებენ H_2SO_4 -ის განზავებულ ხსნარს მჟავე არემდე*.

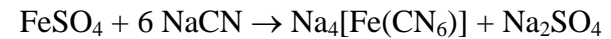
* ხსნარის ტუტე არე აიხსნება მასში NaOH-ის წარმოქმნით შემდეგი რეაქციებით:



* ხსნარში არსებული ტუტე ბოჭავს ორვალენტიანი და სამვალენტიანი რკინის იონებს და წარმოიქმნას $\text{Fe}(\text{OH})_2$ და $\text{Fe}(\text{OH})_3$ მათთვის დამახასიათებელი ჭუჭყიანი მოყვითალო- მწვანე ფერის ნალექით, რაც ხელს უშლის ანალიზის შემდგომ მიმდინარეობას:



მიმდინარეობს ჰექსაციანფერატის წარმოქმნა:

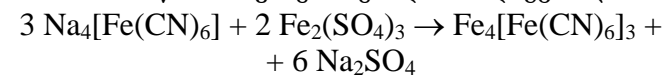


ამ დროს მიზანშეწონილია რამდენიმე წვეთი 5%-იანი NaF-ის ან KF-ის ხსნარის დამატება, რის შედეგადაც წარმოიქმნება Na- ის ან K-ის ფერიფტორიდი $\text{Na}_3[\text{FeF}_6]$, რომელიც დადებით გავლენას ახდენს საბოლოო პროდუქტის (ბერლინის ლაჟვარდის) წარმოქმნაზე.

ხსნარის დუღილის შემდეგ Fe^{+2} იონების ნაწილი ჰაერის ჟანგბადით იჟანგებიან Fe^{+3} იონებამდე. ხშირად ლურჯი ფერი არ წარმოიქმნება დაჟანგვით წარმოქმნილი Fe^{+3} იონების მცირე რაოდენობის გამო.

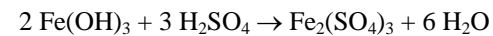
აზოტის აღმოჩენის მიზნით მიღებული ხსნარის დამუშავება შესაძლებელია ორი გზით:

1. ხსნარს უმატებენ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ მარილის კრისტალებს. გაცივების პირობებში წარმოიქმნება ბერლინის ლაჟვარდი:



2. საკვლევი ხსნარს აწვეთებენ ფილტრის ქალაღზე; წარმოიქმნება უფერო ლაქა, რომელზედაც უმატებენ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ მარილის კონცენტრირებული ხსნარის რამდენიმე წვეთს. დაყოვნების შემდეგ ლეულობენ ბერლინის ლაჟვარდისათვის დამახასიათებელ ლურჯ შეფერვას.

3. (ბეიკერის მეთოდი). პატარა სინჯარაში ათავსებენ 1 მლ პ-ნიტრობენზალდეჰიდის, 1 მლ ო-დინიტრობენზოლის და 2 წვეთ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარებს*.



შემჟავებისათვის მარილმჟავას დამატება არ არის მიზან-შეწონილი, რომელიც წარმოქმნის FeCl_3 -ს მისთვის დამახასიათებელი ყვითელი ფერით, რაც იწვევს ლურჯი შეფერილობის მწვანე ფერში გადასვლას.

* გამოიყენება 1,5%-იანი პ-ნიტრობენზალდეჰიდის ხსნარი 2-მეთოქსიეთანოლში, ო-დინიტრობენზოლის 1,7%- იანი ხსნარი იმავე გამხსნელში და ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 2%-იანი ხსნარი დისტილირებულ წყალში

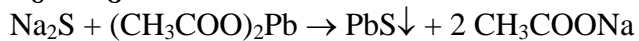
4. მიღებულ ნარევეს უმატებენ სამუშაო ხსნარის 2 წვეთს. ციანიდიონების თანაობისას წარმოიქმნება მოლურჯო მუქი წითელი ფერის ნაერთი. თუ წარმოიქმნება ყავისფერი ან ყვითელი ფერი, ეს იმას ნიშნავს, რომ საკვლევი ხსნარი აზოტს არ შეიცავს.

ეს მეთოდი ბევრად უფრო მგრძობიარეა პირველ მეთოდთან შედარებით, მას ხელს არ უშლის გოგირდისა და ქლორის არსებობა.

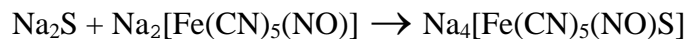
ლურჯი ფერი დამახასიათებელია ხსნარებისათვის, რომელთა pH 7-ზე მეტია. ხსნარის შემჟავებისას (pH<7) ლურჯი ფერი გადადის ყვითელში.

გოგირდის აღმოჩენა.

ცდის მსვლელობა. ორი ერთმანეთის ტოლი ფილტრის ქაღალდის კუთხეებში (ზედა ფილტრის ქაღალდი ასრულებს ფილტრის როლს) პიპეტის საშუალებით აწვეთებენ სამუშაო ხსნარის ორ-ორ წვეთს. ქვედა ფილტრის ქაღალდზე ჩნდება ორი უფერო ლაქა. ერთ-ერთ ლაქაზე აწვეთებენ ძმარმჟავა ტყვიის წვეთს; მაშინვე წარმოიქმნება ყავისფერი შეფერვა ტყვიის სულფიდის PbS წარმოქმნის გამო:



მეორე ლაქაზე აწვეთებენ ახლად დამზადებული ნატრიუმის ნიტროპრუსიდის $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{NO})]$ ხსნარის წვეთს და, წარმოიქმნება წითელ-იისფერი შეფერვა, რომელიც თანდათან იცვლის ფერს. ეს ფერადი რეაქცია ორვალენტური გოგირდის იონზე განპირობებულია შემდეგი შედგენილობის კომპლექსური მარილის წარმოქმნით:



ჰალოგენების აღმოჩენა.

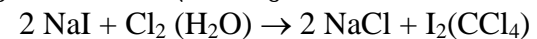
ქლორის აღმოჩენა.

ცდის მსვლელობა. სამუშაო ხსნარის 5 მლ-ს უმატებენ ვერცხლის ნიტრატის AgNO_3 -ის განზავებულ ხსნარს. თუ საკვლევი ნივთიერება არ შეიცავს აზოტს და გოგირდს იონურ ფორმაში, მაშინ წარმოიქმნება თეთრი ფერის ვერცხლის ქლორიდის ნალექი.

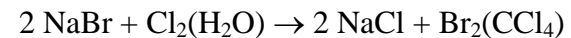
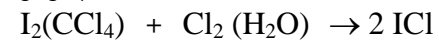
*ბელშტეინის სინჯი**. სპილენძის ფირფიტას ახურებენ სპირტქურის ალში მანამდე, სანამ ალის მწვანე შეფერილობა არ გაქრება; შემდეგ ფირფიტას აცივებენ, მის ბრტყელ ბოლოზე ათავსებენ საკვლევ ნივთიერებას და კვლავ შეაქვთ სპირტქურის ალში. ალის მოცისფრო-მწვანე შეფერილობა საკვლევ ნივთიერებაში ქლორის არსებობის დამადასტურებელია.

ბრომის და იოდის აღმოჩენა

სინჯარაში ათავსებენ სამუშაო ხსნარის 3 მლ-ს, ამჟავებენ 10%-იანი გოგირდმჟავით და ადუღებენ რამდენიმე წუთის განმავლობაში. ხსნარის გაცივების შემდეგ მას უმატებენ ოთხქლორიანი ნახშირბადის 1 მლ-ს და ნატრიუმის ჰიპოქლორიტის (NaOCl) ხსნარის 1 წვეთს. CCl_4 -ის ფენის მუქი წითელი შეფერვა გვიჩვენებს საკვლევ ხსნარში იოდის არსებობას:



აგრძელებენ ნატრიუმის ჰიპოქლორიტის (NaOCl) ხსნარის დამატებას წვეთ-წვეთობით. ყოველი დამატების შემდეგ ხსნარს ენერგიულად ანჯღრევენ. მუქი წითელი შეფერვა თანდათან ქრება და წარმოიქმნება მოწითალო-მოყავისფრო შეფერვა, რაც ბრომის არსებობის დამადასტურებელია:



სპეციალურ ლიტერატურაში მოცემულია ელემენტების თვისებითი განსაზღვრის სხვა მეთოდები. თვისებითი ანალიზის ჩატარების შემდეგ შესაძლებელია

* ეს რეაქცია ძალიან მგრძობიარეა ყველა ჰალოგენის მიმართ და მის შედეგს გადაამოწმებენ პირველი მეთოდით

საკვლევი ნივთიერების „თვისებითი“ ფორმულის შედგენა: $C_xH_yN_z$ და ა.შ.

ბრუტო ფორმულის დადგენისათვის ატარებენ რაოდენობით ანალიზს.

3.3. ორგანულ ნაერთთა რაოდენობითი ანალიზი

ორგანული ნაერთის ბრუტო ფორმულის დადგენის მიზნით აუცილებელია გაირკვეს მოლეკულაში შემავალი ელემენტების რაოდენობითი ფარდობა. ორგანულ ნაერთთა რაოდენობითი ელემენტური ანალიზი ეყრდნობა არაორგანულ ნაერთთა ზუსტი რაოდენობის დადგენას, ნაერთებისა, რომლებიც წარმოიქმნებიან ორგანული ნაერთების წვის შედეგად. ასე, მაგალითად, თუ ცნობილია საკვლევი ნივთიერების მასა და ჟანგბადის არეში წვის შედეგად წარმოქმნილი ნახშირბადისა და წყლის რაოდენობა, ადვილად გამოითვლება ნახშირორჟანგისა და წყალბადის რაოდენობა, რომელიც მოდის ერთ გრამმოლეკულაზე.

მაგალითად:

ნივთიერების წონაკი $-a$

CO_2 -ის ნამატი $-b$

H_2O -ის ნამატი $-c$

$$\%C = K_{CO_2} \times \frac{b}{a} \times 100$$

$$\%H = K_{H_2O} \times \frac{c}{a} \times 100$$

სადაც, K_{CO_2} და K_{H_2O} - კოეფიციენტებია, რომლებიც შემდეგნაირად მიიღებია:

$$K_{CO_2} = \frac{M_C}{M_{CO_2}} = \frac{12.01}{44.01} = 0.2729$$

$$K_{H_2O} = \frac{M_{H_2}}{M_{H_2O}} = \frac{2.016}{18.016} = 0.1119$$

M - მოლეკულური მასა.

ჰალოგენების აღმოსაჩენად ხშირად იყენებენ „ბელშტეინის სინჯს“. თხევადი ნივთიერებით დასველებული სპილენძის მავთული (მყარი ნივთიერების შემთხვევაში მას ათავსებენ მავთულზე) შეაქვთ სპირტქურის ალში; ალი იფერება დამახასიათებელ მწვანე ფერად.

ამრიგად, იღებენ ნაერთის ელემენტურ ფორმულას: $C_mH_nO_pS_e$ სადაც m, n, p, e და ა.შ. უცნობი რიცხვებია.

აზოტს ელემენტურ მდგომარეობაში (N_2) საზღვრავენ დიუმას და კელდალის გაზომეტრული მეთოდით. ჟანგბადს ხშირად საზღვრავენ არაპირდაპირი ხერხით-საერთო მოლეკულურ მასას და სხვა ელემენტების ექსპერიმენტებით ნაპოვნი რაოდენობებს შორის სხვაობით.

ამრიგად, ელემენტური რაოდენობითი ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ ორგანული ნაერთის ზუსტი შედგენილობა და მივუწეროთ კოეფიციენტები ფორმულაში, რომელსაც მივიღებთ თვისებითი ანალიზის შემდეგ.

$C_mH_nO_pS_e$ და ა.შ., სადაც m, n, p, e - მთელი რიცხვებია.

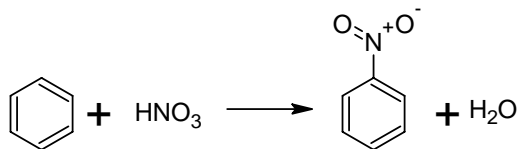
უნდა აღინიშნოს, რომ თვისებითი ანალიზის ჩატარებას განსაკუთრებული დანადგარი არ სჭირდება. იგი შეიძლება განხორციელდეს ნებისმიერ ლაბორატორიაში. რაოდენობითი ანალიზის ჩატარება კი მონიშნულ სპეციალურ დანადგარებს და ტარდება სპეციალურ ლაბორატორიებში. ამჟამად შექმნილია აპარატურა, რომელიც რაოდენობითი ანალიზის ავტომატურად ჩატარების საშუალებას იძლევა.

3.4. ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში

ქიმიურ ლიტერატურაში მორეაგირე ნივთიერებების რაოდენობები მოცემულია მოლელებში. ამასთან დაკავშირებით ლაბორატორიული მუშაობის მეთოდიკაშიც გამოყენებულია მოლი (M). ექსპერიმენტის ჩატარებისას საჭიროა მოლელების გადაყვანა გრამებში, მილილიტრებში ან პირიქით.

მოლურ მასას გამოსახვენ გრამებით მოლზე (გ/მოლი).

მოლელების გრამებში გადაყვანა განვიხილოთ ნიტრობენზოლის სინთეზის მაგალითზე:



M: 78 63 123 18

მეთოდიკაში მორეაგირე ნივთიერებები აღებულია შემდეგი რაოდენობით:

ბენზოლი - 0,11 მოლი;

H₂SO₄ - 0,24 მოლი;

HNO₃ - 0,22 მოლი.

ბენზოლის გრამებში გაანგარიშება:

1 მოლი ბენზოლი არის 78გ

0,11 მოლი ბენზოლი იქნება x გ

$$x = 78 \cdot 0,11 = 8,58 \text{ გ ბენზოლი}$$

ბენზოლი, როგორც ყველა სხვა თხევადი ნივთიერება, ლაბორატორიაში მოსახერხებელია აღებულ იქნეს მილილიტრებში. გრამების გადაყვანა მილილიტრებში ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$V = \frac{m}{d}$$

სადაც m არის ნივთიერების მასა, d - სიმკვრივე (გ/მლ)

(აიღება ცნობარიდან), V- მოცულობა, მლ.

ბენზოლის სიმკვრივე არის 0.879 გ/სმ³. ე.ი. 8.58 გ ბენზოლი იქნება

$$V = \frac{m}{d} = \frac{8,58}{0,879} = 9,76 \text{ მლ.}$$

H₂SO₄ გაანგარიშება. გაანგარიშებისათვის უნდა ვიცოდეთ მოცემული მჟავას კონცენტრაცია. უცნობი კონცენტრაციის შემთხვევაში მას ზომავენ არეომეტრის საშუალებით. ცნობარში მოცემული ცხრილის დახმარებით კი ვიგებთ პროცენტულ კონცენტრაციას, მაგალითად:

ვთქვათ, აღებული გოგირდმჟავას სიკვრივე არის 1.84 გ/მლ, რაც შეესაბამება 96%-ს. 100 %-იანი გოგირდმჟავის რაოდენობას ვანგარიშობთ შემდეგი პროპორციით:

1 მოლი H₂SO₄-ის მასა არის 98გ

0,24 მოლი H₂SO₄-ის მასა იქნება- x გ

$$x = 98 \times 0,24 = 23,54 \text{ გ (100\%-იანი H}_2\text{SO}_4)$$

23,54 გ 100%-იანი H₂SO₄ შეესაბამება 96%-იანი გოგირდმჟავას შემდეგ რაოდენობას:

96 გ H₂SO₄ თუ არის 100 გ ხსნაში

23,52 გ H₂SO₄ იქნება - x გ-ში

$$x = \frac{23,52 \times 100}{96} = 24,4 \text{ გ 96\%-იანი H}_2\text{SO}_4$$

HNO₃-ის გაანგარიშება. ვთქვათ, აღებული აზოტმჟავას სიმკვრივე არის 1.4 გ/მლ, რაც შეესაბამება 67 %-ს. 100%-იანი HNO₃-ის რაოდენობა იანგარიშება პროპორციით:

1 მოლი HNO₃ არის 63 გ
0.22 მოლი იქნება – x გ.

$$x = 63 \cdot 0.22 = 13.86 \text{ გ } 100\% \text{-იანი აზოტმჟავა}$$

63 გ HNO₃ არის 100 გ ხსნარში
13.86 გ HNO₃ იქნება x გ-ში

$$x = \frac{13.86 \cdot 100}{67} = 20.6 \text{ გ } 67\% \text{-იანი აზოტმჟავა}$$

თეორიული გამოსავლიანობის გაანგარიშება.

მეთოდი 1. რეაქციიდან ჩანს, რომ 1 მოლი ბენზოლიდან წარმოიქმნება 1 მოლი ნიტრობენზოლი. სარეაქციო არეში აღებულია 0.11 მოლი ბენზოლი, რაც შეესაბამება ნიტრობენზოლის 0.11 მოლ თეორიულ გამოსავლიანობას.

მეთოდი 2. რეაქციიდან ჩანს, რომ 78 გ ბენზოლიდან მიიღება 123 გ ნიტრობენზოლი:

თუ 78 გ ბენზოლიდან მიიღება 123 გ ნიტრობენზოლი მაშინ 8.58 გ ბენზოლიდან მიიღება – x გ ნიტრობენზოლი

$$x = \frac{8.58 \times 123}{78} = 13.53 \text{ გ ნიტრობენზოლი}$$

პრაქტიკული გამოსავლიანობის გაანგარიშება.

ვთქათ, მიღებული გასუფთავებული ნიტრობენზოლის რაოდენობაა 9,9 გ, რაც შეადგენს $\frac{9.9}{123} = 0.08$ მოლს.

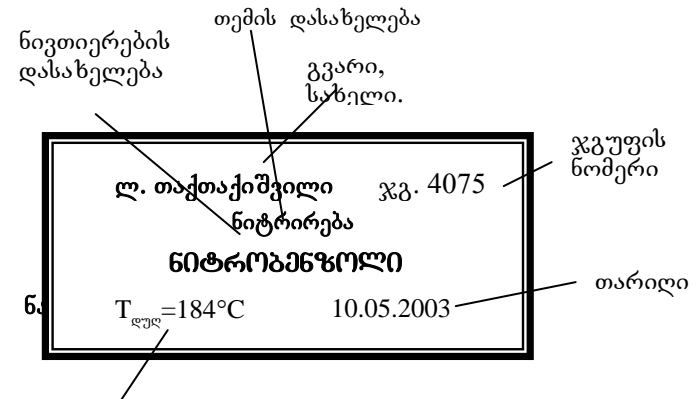
პრაქტიკულ გამოსავალს ვანგარიშობთ შემდეგი პროპორციით:

თუ 0,11 მოლი შეესაბამება 100%-ს
მაშინ 0,08 მოლი იქნება x %

$$x = \frac{0.08 \cdot 100}{0.11} = 72.7\%$$

ე. ი. ნიტრობენზოლის პრაქტიკული გამოსავლიანობა არის 72.7%.

გაანგარიშება შეიძლება ვაწარმოოთ გრამებშიც. სტუდენტის მიერ სინთეზირებული ყველა ნაერთი მასწავლებელს ბარდება ჭურჭელში, რომელსაც აქვს შემდეგი სახის წარწერები (ნახ. 27):



ნივთიერების ფიზიკურ-ქიმიური კონსტანტა (მყარი ნივთიერებისათვის ლღობის ტემპერატურა, თხევადი ნივთიერებისათვის – დუღილის ტემპერატურა)

4. უსაფრთხოების ტექნიკა ორგანული სინთეზის ლაბორატორიაში და პირველი დახმარება უბედური შემთხვევის დროს

ყველა სტუდენტი ვალდებულია, ვიდრე შეუდგებოდეს მუშაობას, გაეცნოს ორგანული სინთეზის ლაბორატორიაში არსებულ უსაფრთხოების ტექნიკის ინსტრუქციას, ხანძარსაწინააღმდეგო წესებს; უნდა შეეძლოს უბედურების შემთხვევაში აღმოუჩინოს დაზარალებულს პირველი დახმარება.

1. პრაქტიკული მუშაობის დროს ყოველთვის უნდა გვახსოვდეს, რომ ორგანული ნივთიერებები მეტ-ნაკლებად მომწამვლელი და ცეცხლსაშიშაა, ამიტომ აუცილებელია სისუფთავის დაცვა, წესრიგი, ყურადღება; არ უნდა დავუშვათ ნივთიერებების კანთან შეხება, ხელებით არ უნდა შევეხოთ სახესა და თვალებს; მუშაობის დროს არ უნდა მივიღოდ კვების პროდუქტები.
2. კატეგორიულად აკრძალულია მოქმედი დანადგარის უყურადღებოდ მიტოვება და ლაბორატორიაში მარტო ერთი პირის მუშაობა.
3. ყველა ჭურჭელზე, რაშიც რეაქტივი ინახება, უნდა იყოს ზუსტი დასახელება. რეაქტივების გამოყენებისას უწარწერო ჭურჭლით სარგებლობა აკრძალულია.
4. არავითარ შემთხვევაში არ შეიძლება ცდის ჩატარება ჭურჭლიან ჭურჭელში; ცდის დამთავრებისთანავე ჭურჭელი უნდა გაირეცხოს.
5. ჭურჭელთან, რომელშიც რაიმე ხსნარი დუღს ან რომელშიც რაიმე ხსნარის დამატება ხდება (განსაკუთრებით ტუტეების), არ შეიძლება სახის ახლოს მიტანა. სინჯარის პირი, რომელშიც ხდება ხსნარის ან სითხის გაცხელება, არ უნდა იყოს მიმართული ვინმეს მიმართ.

6. კატეგორიულად აკრძალულია ქიმიური ნივთიერებების გემოს გასინჯვა. მათი ყნოსვა შეიძლება იმ შემთხვევაში, თუ დარწმუნებული ხართ, რომ ნაერთი არ არის შხამიან-მომწავლელი. ამასთან არ შეიძლება პირდაპირ შესუნთქვა, არამედ საჭიროა ხელის მოძრაობით მივიტანოთ ორთქლი სასუნთქ ორგანოებთან.
7. ზოგიერთი სინთეზის ჩატარებისას დამწვრობის თავიდან აცილების მიზნით მასწავლებლის მითითებით სარგებლობენ დამცველი სათვალით ან ორგანული მინისაგან დამზადებული სპეციალური საფარით.
8. მინის და ქიმიური ჭურჭლის ხმარებისას უნდა დავიცვათ შემდეგი წესები: ა) თხელკედლიანი ქიმიური ჭურჭელი არ უნდა ცხელდებოდეს ღია ცეცხლზე, არამედ -აზბესტის ბადეზე. ამ დროს ყურადღება უნდა მიექცეს სითხის თანაბარ გაცხელებას, ვინაიდან არათანაბარი გაცხელების დროს შესაძლებელია სითხის გაშხეფება და აგრეთვე ჭურჭლის გაბზარვა; ბ) დიდ ქიმიურ ჭიქებს საჭიროა ორივე ხელი მოვკიდოთ, ამასთან ერთ-ერთი ხელი ჭიქის ძირს; გ) მინის მილების ბასრი ნაწილები უნდა იქნეს შემღვალი სპირტქურის ალზე; მინის დეტალებზე რეზინის მილების ჩამოცმის დროს ან კოლბაზე საცობის დამაგრებისას მინის გატეხვის თავიდან აცილების მიზნით აუცილებელია მათი წინასწარ წყლით დასველება, გლიცერინის ან ვაზელინის წასმა და შემაერთებელ ნაწილებზე ორივე ხელის თითების მაქსიმალურად ახლოს განლაგება
9. სამუშაოს დაწყების წინ აუცილებელია შემოწმდეს დანადგარი (თუ რამდენად სწორად არის აწყობილი), ხოლო სარევის ხმარების წინ საჭიროა შემოწმდეს, მუშაობს თუ არა ის.
10. მირჩილული მილებით, ავტოკლავებით, შეკუმშული და გათხევადებული გაზიანი ბალონებით მუშაობა შესაძლებელია მხოლოდ უსაფრთხოების ტექნიკის სპეციალური ინსტრუქციის გავლის შემდეგ.

11. ვაკუუმ-ექსიკატორიდან ჰაერის ამოტუმბვა შეიძლება მხოლოდ წყალჭავლიანი ტუმბოს საშუალებით. ამ დროს საჭიროა ვაკუუმ-ექსიკატორს შემოხვეული ჰქონდეს რაიმე ნაჭერი.
12. საჭიროა უსაფრთხოების ტექნიკის სპეციალური ინსტრუქტაჟის გავლა, ვიდრე ვაკუუმზე გამოხდას შეუდგებოდეთ.
13. ამწოვი კარადის ფანჯრები მუშაობისას არ უნდა იყოს კარადის მუშა ფართობის 1/3-ზე მეტად გახსნილი. ამწოვი კარადაში აფეთქებისას მაშინვე უნდა გამოირთოს ვენტილაცია და დაიხუროს დროსელ-სარქველი, რადგან არ მოხდეს სავენტილაციო ხაზზე ხანძრის გავრცელება.
14. მუშაების ან ტუტეთა ხსნარების ჩამოსხმა უნდა ხდებოდეს გამწოვი კარადაში. ამ დროს მომუშავეს უნდა ეკეთოს დამცველი სათვალე ან საფარი, ხოლო ამწოვი კარადის ფანჯარა უნდა იყოს დაწეული ისე, რომ ფარავდეს მომუშავეს სახეს.
15. ბრომთან ყოველგვარი სამუშაო ტარდება გამწოვი კარადაში. ამ დროს აუცილებელია რეზინის ხელთათმანები და დამცველი სათვალე.
16. დიდი ბოცები, რომლებშიც კონცენტრირებული მუშაები, ტუტეები ან ამიაკია, საჭიროა იდგეს კალათებში ან ხის ჩარჩოებში. ამ ნივთიერებების გადმოსხმისას საჭიროა დამცველი სათვალე, რეზინის ხელთათმანები, წინსაფარი და რეზინის ჩექმები.
17. თუ ორი სითხის შერევაა საჭირო, მაშინ სითხეს, რომელსაც მეტი ზვედრითი წონა აქვს, მორევის პირობებში ასხავენ სითხეს, რომლის ზვედრითი წონა ნაკლებია, მაგალითად, კონცენტრირებული გოგირდმჟავას განზავებისას, კონცენტრირებული გოგირდმჟავას და აზოტმჟავას შერევისას ან საერთოდ ისეთი ნივთიერებების შერევისას, რომლის დროსაც ხდება სითხის გამოყოფა, საჭიროა მხოლოდ თერმოდგრადი ქიმიური ჭურჭლის ან ფაიფურის ჭურჭლის ხმარება.

18. ნარჩენი სითხეების ჩასხმა ნიჟარაში კატეგორიულად აკრძალულია. ისინი უნდა განეიტრალებდეს ან ჩაისხას სპეციალურ ჭურჭელში.
19. ქლორთან, ბრომთან, გოგირდის ან აზოტის ოქსიდებთან, გოგირდწყალბადთან, ფოსგენტთან და სხვა მომწავლავ ნივთიერებებთან მუშაობა აუცილებლად უნდა წარმოებდეს ამწოვი კარადაში. ამასთან ამწოვი კარადის ფანჯრები ისე უნდა იყოს დახურული, რომ ქვევით დარჩეს მცირე ზვრელი.
20. ეთერის გაცხელება, გადადენა, აორთქლება მიმდინარეობს წყლის აბაზანის საშუალებით, მაქსიმალურად გრძელი მაცივრების გამოყენებით ღია ცეცხლისაგან მოშორებით. დიდხანს გამოყენებული ეთერთან მუშაობის წინ. აფეთქების თავიდან აცილების მიზნით, საჭიროა მას მოშორდეს პეროქსიდები, მაგალითად, რკინის სულფატთან შენჯღრევით. არ შეიძლება გამო-სახდელი კოლბიდან ეთერის გადადენა სიმშრალემდე (ბოლომდე) და გამოხდილი ეთერის დიდი რაოდენობით შეგროვება ერთ მიმდებში (არა უმეტეს 300-400 მლ). ეთერის შენახვა (განსაკუთრებით აბსოლიტური ეთერის) შეიძლება მხოლოდ სქელკედლიან, უმჯობესია მუქი ფერის ჭურჭელში, რომელიც დაცობილია ხის საცობით, რომელსაც მორგებული აქვს ქლორკალციუმიანი მილი.
21. მეტალურ ნატრიუმთან მუშაობისას აუცილებელია აბსოლუტურად მშრალი ჭურჭლის ხმარება. არ შეიძლება ნატრიუმთან მუშაობა წყლის სიახლოვეს (შეიძლება მოხდეს აფეთქება). სამუშაოს დამთავრების შემდეგ აუცილებელია შეგროვდეს რეაქციაში შეუსვლელი ნატრიუმის ნარჩენები ნავთიან ჭურჭელში. ნატრიუმის ნარჩენებს ხსნიან სპირტით.
22. ყველა ლაბორატორიაში უნდა იყოს ყუთები სილით, ცეცხლმაქრობები და ხანძარსაწინააღმდეგო აზბესტის საბნები. ხანძრის გაჩენის შემთხვევაში პირველ რიგში საჭიროა ყველა გამახურებლის გამორთვა, მოშორებულ უნდა იქნას ახლოს მდებარე აალებადი ნივთიერებები,

ხოლო შემდეგ მოხდეს ცეცხლის ჩაქრობა ნახშირ-მჟავიანი ცეცხლსაქრობით, სილით ან ხანძარსა-წინააღმდეგო საბნით. ცეცხლზე წყლის დასხმა არ არის მიზანშეწონილი, რადგან უმეტეს შემთხვევებში ეს იწვევს ხანძრის კერის გაფართოებას.

უსაფრთხოების ტექნიკის წესების დაუცველობას მივყავართ უბედურ შემთხვევებამდე. თერმული I ხარისხის სიღამწვრის (სიწითლე, უმნიშვნელო შეწითლება) დროს საჭიროა დამწვარი ადგილის სპირტით გაწმენდა. II და III ხარისხის დამწვრობისას- უხვევენ სტერილური სახვევით ან სუფთა ტილოთი.

კიდურების დამწვრობისას საჭიროა მათი განთავისუფლება მჭიდრო ტანსაცმლისაგან, რადგან შესაძლებელია გასივება.

ტუტით ან მჟავით კანის დამწვრობის დროს საჭიროა წყლის ნაკადით დაახლოებით 20-30 წუთის განმავლობაში ჩარეცხვა, ხოლო ძლიერი დამწვრობის შემთხვევაში ჩარეცხვა ხდება 1,5-2 საათის განმავლობაში (წყალი არ უნდა იყოს ცივი). ჩატარებული პროცედურის შემდეგ დაზარალებულს ისევე ექცევიან, როგორც თერმული დამწვრობის შემთხვევაში.

ბრომით დამწვრობისას ადებენ სპირტის საფენს ხანგრძლივი დროით.

ტუტის ან მჟავის წვეთების თვალში მოხვედრისას, თვალს დიდი ხნის განმავლობაში იბანენ წყლის დიდი რაოდენობით. წყალი უნდა იყოს ოთახის ტემპერატურის.

ფენოლით დამწვრობის შემთხვევაში დაზიანებული ადგილი საჭიროა დამუშავდეს სამედიცინო ეთილის სპირტით.

ნაჭრილობებზე ადგილებს იოდის სპირტის 5%-იანი ხსნარით ამუშავებენ და ადებენ სტერილურ საფენს.

დანართი A

ქიმიურ ლაბორატორიაში გამოყენებული ჯურჯული და აპარატები

მენზურები



ქიმიური ჭიქები



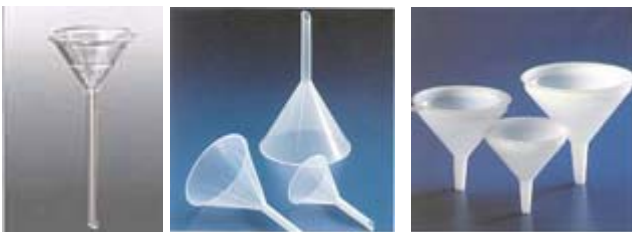
ქიმიური ნივთიერების შესანახი ჭურჭელი



სინჯარები



მინის დაბრები



ბიუნერის დაბრი



შპატელი და მაშა



პეტრის ჯამები



ტიგელი



ფაიფური ჯამი



მზომი კოლბები



ერლენმეიერის კოლბები



მრგვალბირა კოლბა



ბუნზენის კოლბა



საწვეთი ძაბრი



დრექსელი



ბიურეტი



როლინი



სასწორები



ცენტრიფუგები



მიკროანალიზური ლუმელი



ლუმელი



კოლბის გამახურებელი



მაგნიტური სარეველა



სანჯღრევი აპარატი



როტაციული ამორთქლებელი



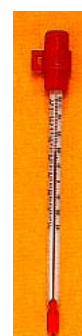
სპექტრომეტრები



მექანიკური სარეველები



თერმომეტრები



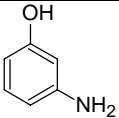
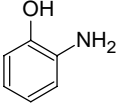
მიკროტალღური სარეცხი მოწყობილობა



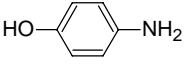
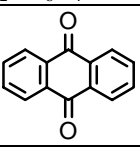
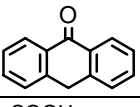
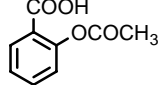
ვაკუუმ-ტუმბოები

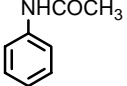
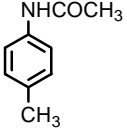


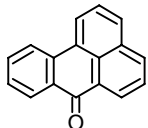
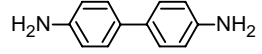
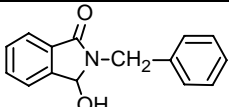
მოკლე ცნობარი*


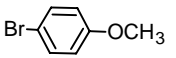
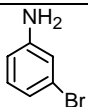

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _{ლ⁰} , °C	T _{ლ¹⁰⁰} , °C	n _D ²⁰	ხსნადობა	
								H ₂ O	ორგ. გამხს.
1	ადიპინმჟავა	HOOC-(CH ₂) ₄ COOH	146	1.366	153	265 ¹⁰⁰	-	1.5 ¹⁵	ხს: სპ, ეთ
2	ი-ამილის სპირტი	(CH ₃) ₂ CH(CH ₂) ₂ OH	88	0.812	-117.2	132	1.4058	2.6	ხს: სპ, ეთ, ბენზ.
3	ნ-ამილის სპირტი	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	88	0.8144	-79	137.8	1.4101	2.7 ²²	ხს: სპ, ეთ
4	მ-ამინოფენოლი		109	-	123	-	-	2.6	ხს: სპ, ეთ
5	ო-ამინოფენოლი		109	-	170-74	სუბლ.	-	1.7 ⁰	ხს: სპ, ეთ

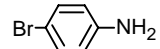
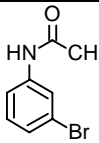
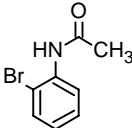
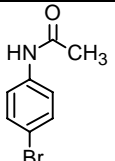
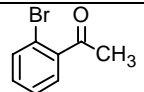
* სუბლ- სუბლიმირდება, იშ. - იშლება, ხს.- ხსნადი, კ.- კარგად ხსნადი, მხ.- მცირედ ხსნადი, უხს- უხსნადი, ეთ- დიეთილეთერი, სპ.- ეთანოლი, ბენზ- ბენზოლი, ქლ- ქლოროფორმი, მეთ.- მეთანოლი, აც- აცეტონი, ცხ- ცხელი, ძმ-ძმარმჟავა, ტოლ-ტოლუოლი, Ph-ფენილი

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _{ლ⁰} , °C	T _{ლ¹⁰⁰} , °C	n _D ²⁰	ხსნადობა	
								H ₂ O	ორგ. გამხს.
6	პ-ამინოფენოლი		109	-	186 იშლ.	-	-	1.1 ⁰	ხს: სპ, ეთ
7	ამინომარჟავა (გლიცინი, გლიკოკოლი)	H ₂ NCH ₂ COOH	75	1.61	233 იშ	-	-	25.3 ²⁵	-
8	ანიზოლი	C ₆ H ₅ OCH ₃	108	0.9954	-37.3	155, 42.2 ¹⁰	1.5170	6	ხს: ეთ
9	ანილინი	C ₆ H ₅ NH ₂	93	1.022	-6	184.4	1.5893	3.4	ხს: ეთ, ბენზ
10	ანთრანილის მჟავა	H ₂ NC ₆ H ₄ COOH	137	-	145	სუბლ	-	0.4	ხს: ეთ
11	ანთრაქინონი		208	1.438	285, სუბლ	379- 381	-	უხს	მხ: სპ, ეთ, ბენზ.
12	ანთრონი		194	-	154- 155	-	-	უხს	ხს: ბენზ
13	ასპირინი		180	-	135	140, იშლ	-	0.25	ხს: სპ, ეთ, ქლ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _{ლულ} , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
14	აცეტანილიდი		135	1.21 ⁴	114	305	-	0.56 ²⁵	სს: სპ, მეთ, ეთ
15	აცეტილქლორიდი	CH ₃ COCl	78.5	1.051	-112	51-52	1.3898	იშლ	სს: ქლ, ეთ, ბენზ
16	აცეტონი	CH ₃ C(O)CO ₂	58	0.792	-95	56	1.3589	∞	სს: სპ, ეთ
17	4-N-აცეტოტოლუი-დინი		149	1.212	155	307	-	მხ	სპ(10%) ²⁵
18	აცეტოფენონი	C ₆ H ₅ COCH ₃	120	1.026	19.7	202.3	1.5342	მხ	სს: ეთ, ქლ, ბენზ
19	ბენზალანილინი	C ₆ H ₅ -N=CH-C ₆ H ₅	181	1.038	310	54	1.600	უხ	სს: ეთ, სპ
20	ბენზალდეჰიდი	C ₆ H ₅ CHO	106	1.0504	-26	179.5	1.5463	0.33	სს: ეთ,
21	ბენზამიდი	C ₆ H ₅ CONH ₂	121	1.341	125-26	290	-	0.58 ¹² 1.35 ²⁵	სს: ეთ, ბენზ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _{ლულ} , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
22	ბენზანტრონი		230	-	170	-	-	სს: H ₂ SO ₄	
23	ბენზიდინი		184	1.25	128	401.7	-	0.04 ¹²	სს: ეთ, ბენზ
24	ბენზილამინი	C ₆ H ₅ CH ₂ NH ₂	107	0.9826	-	1859	1.8441	∞	სს: ეთ, ბენზ
25	ბენზილის სპირტი	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	108	1.045	-15.5	205	1.5396	4	სს: ეთ, ბენზ, აც
26	N-ბენზილფთალიმიდი		237	-	115	-	-	-	-
27	ბენზილქლორიდი	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	126	1.026	-39	179	1.5415 ¹⁵	იშ. ცხ.	სს: ეთ, ბენზ
28	ბენზილქლორიდი	C ₆ H ₅ COCl	140	1.219	0.6	198	1.5537	იშ	სს: ეთ, ბენზ, CS ₂
29	ბენზოლი	C ₆ H ₆	78	0.879	5.5	80.2	1.5017	0.008	სს: ეთ, აც, CS ₂

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _{ლღ} , °C	T _{ღვღ} , °C	n _D ²⁰	სსნაღობა	
								H ₂ O	ორგ.გამსს.
30	ბენზოსულფომჟავა	C ₆ H ₅ SO ₃ H	158	-	65-6	იშ	იშ	სს	სს: სპ
31	ბენზოსულფოქლორიდი	C ₆ H ₅ SO ₂ Cl	176	1.384	14.5	251.5		იშ. ცხ.	სს: ეთ, სპ
32	ბენზომჟავა	C ₆ H ₅ COOH	122	1.266	122.5	250	1.5397 ¹⁵	0.3	სს: ეთ, აც, ბენზ
33	ბენზომჟავა ეთილისეთერი	C ₆ H ₅ COOC ₂ H ₅	150	1.0509	-34.6	212.6	1.5068	0.08	სს: ქლ, ეთ,
34	ო-ბრომანიზოლი		187	1.5018	-	221-3	1.57245	მხ	-
35	პ-ბრომანიზოლი		187	1.456	11-12	215 ¹⁰⁰	1.56051	7.1	მხ: სპ, ეთ
36	მ-ბრომანილინი		172	1.5793	16.7	251	1.62604	მხ	სს: სპ, ეთ
37	ო-ბრომანილინი		172	-	28.7	229	-	მხ	სს: სპ, ეთ


№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _{ლღ} , °C	T _{ღვღ} , °C	n _D ²⁰	სსნაღობა	
								H ₂ O	ორგ.გამსს.
38	პ-ბრომანილინი		172	1.799	66.4	იშ	-	მხ	მხ: სპ, ეთ
39	მ-ბრომაცეტანილიდი		214	-	87.5	-	-	უხ	სს: სპ, ეთ
40	ო-ბრომაცეტანილიდი		214	87.5	-	-	-	-	სს: სპ, ეთ
41	პ-ბრომაცეტანილიდი		214	-	168	-	-	მხ. ცხ.	მხ: სპ, ეთ, ქლ
42	ო-ბრომაცეტოფენონი		187	1.5018	-	221-23	-	-	მხ: სპ, ეთ, ქლ

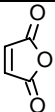
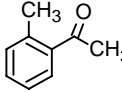
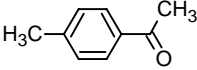

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ღ , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
43	პ-ბრომაცეტოფენონი		187	1.456	11-12	215 ¹⁰⁰	-	მხ	ხს: ეთ
44	მ-ბრომბენზომჟავა		201	1.845	155	280	-	0.04 ²⁵	ხს: ეთ
45	ო-ბრომბენზომჟავა		201	1.929	147-50	სუბლ	-	0.18 ²⁵	ხს: სპ, ქლ
46	პ-ბრომბენზომჟავა		201	1.894	215-53	-	-	0.0056 ²⁵	ხს: სპ, ქლ
47	ბრომბენზოლი	C ₆ H ₅ Br	157	1.499	-30.6	155-56	1.5598	0.045	ხს: სპ, ეთ, ბენზ
48	1-ბრომნაფთალინი	1-Br-C ₁₀ H ₇	207	1.4875	6.2	281	1.6588	ხს. ცხ.	ხს: სპ, ეთ, ბენზ
49	მ-ბრომტოლუოლი		171	1.4099	-39.8	183.7	1.551	უხ	ხს: სპ, ეთ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ღ , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
50	ო-ბრომტოლუოლი		171	1.4309	-29	181.7	1.5608	უხ	მხ: სპ, ეთ, ბენზ
51	პ-ბრომტოლუოლი		171	1.3898	22.5	184.5	1.5490	უხ	ხს: სპ, ეთ, ბენზ
52	ნ-ბუტილბენზოლი	C ₆ H ₅ -CH(CH ₃)C ₂ H ₅	134	0.8601	-87.97	183.27	1.48979	უხ	ხს: სპ, ეთ
53	მეორ-ბუტილბენზოლი	C ₆ H ₅ -C ₄ H ₉	134	0.8621	-77.47	173.3	1.4902	უხ	ხს: სპ, ეთ
54	მესამ-ბუტილბენზოლი	C ₆ H ₅ -C(CH ₃) ₃	134	0.8605	-57.85	169.12	1.49266	უხ	მხ: სპ, ეთ
55	იზობუტილენი		56	0.595	-140.8	-6.9	1.3814	უხ	ხს: სპ, ეთ
56	1-ბუტენი	CH ₂ =CH-CH ₂ CH ₃	56	0.668	-185.3	-6.3	1.3777	უხ	ხს: სპ, ეთ
57	1-ბუტანოლი	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	74	0.8098	-80	117.7	1.3999	9 ¹⁵	ხს: სპ, ეთ
58	2-ბუტანოლი		74	0.808	-114.7	100	1.394	12.5	ხს: სპ, ეთ
59	მესამ-ბუტილის სპ.	(CH ₃) ₃ COH	74	0.789	25.5	82.8	1.3878	კ	ხს: სპ, ეთ
60	დი-ნ-ბუტილის ეთერი	C ₄ H ₉ -O-C ₄ H ₉	130	78.41	-98	140.9	1.3992	მხ	ხს: სპ, ეთ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _{ლუ} , °C	n _D ²⁰	სსნადობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
61	ბუტიროფენონი		148	0.988	11	232.2	1.532	უხ	ხს: სპ, ეთ
62	ი-ბუტილქლორიდი		92.5	0.8829	131.2	68.8	1.4010	უხ	ხს: სპ, ეთ
63	ნ-ბუტილქლორიდი	C ₄ H ₉ Cl	92.5	0.8920	-123.1	78.5	1.4022	მხ	ხს: სპ, ეთ
64	მეორ-ბუტილქლორიდი		92.5	0.8707	-131.3	68	1.3953	მხ	ხს: სპ, ეთ
65	მესამ-ბუტილქლორიდი	(CH ₃) ₃ C-Cl	92.5	0.847	-28	51-2	1.69	მხ	ხს: სპ, ეთ
66	გლიცერინი	CH ₂ OH-CHOH-CH ₂ OH	92	1.2613	18.6	290 იშ	47.29	∞	ხს: სპ
67	α-გლუკოზა		180	1.544	146	-	-	83	ხს.: სპ(ცხ)
68	β-პენტააცეტილგლუკოზა		390	-	112-3	სუბლ	-	0.15 ¹⁸	მხ: სპ, ეთ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _{ლუ} , °C	n _D ²⁰	სსნადობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
69	დიაზოამინობენზოლი		197	-	98-9	იშ	-	უხ	ხს: ეთ, ბენზ, სპ(ცხ)
70	დიეთილის ეთერი	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	74	0.7135	-116.3	34.5	1.3542	7.5	ხს: სპ, ეთ, ქლ, ბენზ
71	N,N-დიეთილანილინი	C ₆ H ₅ -N(C ₂ H ₅) ₂	149	0.9351	-38.8	215	1.5411	1.44	ხს: სპ, ეთ, ქლ
72	N,N-დიმეთილანილინი	C ₆ H ₅ -N(CH ₃) ₂	121	0.9551	2.5	192.5	1.5582	მხ	ხს: სპ, ეთ, ბენზ
73	დიმეთილსულფატი	(CH ₃) ₂ SO ₄	126	1.3322	-31.4	188	1.3814	მხ	ხს: სპ, ეთ, ბენზ
74	მ-დინიტრობენზოლი		168	1.575	90.4	291	-	0.0469	ხს: სპ, ქლ, ბენზ
75	ო-დინიტრობენზოლი		168	1.565	117.4	319	-	0.01	ხს: სპ, ქლ, ბენზ
76	პ-დინიტრობენზოლი		168	1.625	114.2	299	-	0.018 ¹⁰⁰	ხს: სპ, ქლ, ბენზ, მმ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _{ლულ} , °C	n _D ²⁰	სსნადობა	
								H ₂ O	ორგ.გამხს.
77	დიოქსანი		88	1.0337	11.7	108.8	1.03375	∞	∞
78	დიფენილსულფონი	C ₁₂ H ₁₀ O ₂ S	216	-	230	-	-	მხ	ხს: ეთ, ბენზ, CS ₂
79	დიფენილი	C ₆ H ₅ -C ₆ H ₅	154	1.180	70.5	255	-	უხ	ხს: სპ, მეთ.
80	დიფენილმეთანი	(C ₆ H ₅) ₂ CH ₂	168	1.0088	25-7	261-2	1.5788	უხ	ხს: სპ, ეთ, ქლ
81	1,2-დიქლორეთანი	ClCH ₂ CH ₂ Cl	99	1.2576	-35	8	1.4443	0.87	ხს: სპ, ეთ,
82	ეთილბრომიდი	C ₂ H ₅ Br	109	1.4555	-125.5	38.4	1.4239	0.9	ხს: სპ, ეთ
83	ეთილიოდიდი	C ₂ H ₅ I	156	1.933	-108.5	72.3	1.5168	0.4	ხს: სპ, ეთ, ქლ, ბენზ
84	ეთილის სპირტი	C ₂ H ₅ OH	46	0.7893	-117	78.3	1.3611	∞	ხს: მეთ, ქლ
85	ეთილენგლიკოლი	HOCH ₂ H ₂ OH	62	1.1088	-12.3	197.2	1.4318	∞	ხს: სპ, მეთ, აც, ძმ
86	ი-ვალერიანალდეჰიდი	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CHO	86	0.785	-51	92.5	1.3902	მხ	ხს: ეთ, სპ
87	ვალერიანმჟავა	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	102	0.9435	-35	186.4	1.4866	3.7 ¹⁶	კ: სპ, ეთ
88	იოდბენზოლი	C ₆ H ₅ I	204	1.8382	-31	188.5	1.6213	უხ	ხს: სპ, ეთ, ქლ
89	კუმოლი	C ₆ H ₅ -CH(CH ₃) ₂	120	0.866	-96.9	152.5	1.4947	უხ	ხს: სპ, ეთ, ქლ

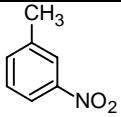
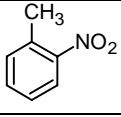
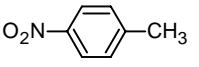
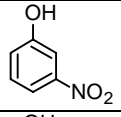
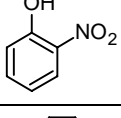
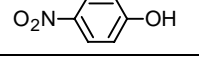
№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _{ლულ} , °C	n _D ²⁰	სსნადობა	
								H ₂ O	ორგ.გამხს.
90	მალეინანჰიდრიდი		98	0.934	54	202	-	78 ²⁵	ხს: სპ(69.9), ეთ, აც
91	მალეინმჟავა	HOOC-CH=CH-COOH	116	1.590	130.5	135იშ	-	392.6 ^{37.5}	ხს: სპ(69.9), ეთ, აც
92	მალეინმჟავა დიმეთილეთერი	MeO ₂ CCH=CHCO ₂ Me	144	1.160	-19	205 ¹⁰²	1.4415	უხ	ხს: ეთ
93	ო-მეთილაცეტოფენონი		134	1.0201	-	214 ³⁰	-	-	-
94	პ-მეთილაცეტოფენონი		134	1.1013	-	92.3	-	უხ	ხს: სპ, ეთ
95	მეთილეთილკეტონი (2-ბუტანონი)	CH ₃ COC ₂ H ₅	72	0.8255	-86.4	79.6	1.3814	29.2	სპ: ∞
96	მეთილის სპირტი	CH ₃ OH	32	0.791	-97.8	64.7	1.3312	∞	სპ: ∞
97	2-მეთილფურანი (სილვანი)		82	0.9159	-	62.5	1.4344	უხ	ხს: სპ, ეთ


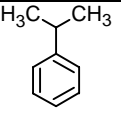
№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ლ , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
98	3-მეთილფურანი		82	0.9406	-	78	1.457	უხ	ხს: სპ, ეთ
99	მ-მეთოქსიაცეტოფენონი		150	1.0849	-	245	1.5379	-	-
100	ო-მეთოქსიაცეტოფენონი		150	1.0993	-	239-40	1.5367	-	-
101	პ-მეთოქსიაცეტოფენონი		150	1.0818	38-9	258	-	მხ	ხს: სპ, ეთ
102	ნატრიუმის აცეტატი	CH ₃ COONa	82	1.53	324	-	-	170 ¹⁰⁰	ხს: სპ
103	ნაფთალინი	C ₁₀ H ₈	128	1.145	80.1	218	1.5823 ⁹⁹	0.003	ხს: ქლ, ეთ, ტოლ
104	1-ნაფთალინსულფონმჟავა		208	-	90	-	-	მხ	ხს: ეთ; მხ: სპ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ლ , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
105	2-ნაფთალინსულფონმჟავა		208	-	102	იშ	-	76.9 ³⁰	ხს: სპ, ეთ
106	1-ნაფთილამინი		143	1.12	50	301	1.6303 ⁵¹	0.17	ხს: სპ, ეთ
107	ნაფთიონმჟავა		223	-	იშ	-	-	მხ	-
108	1-ნაფთოლი		144	1.224	96	280	1.6206	-	ხს: სპ, ეთ, ქლ, ბენზ
109	2-ნაფთოლი		144	1.217	122	286	-	0.074	ხს: სპ, ეთ, ქლ, ბენზ
110	2-ნაფთოლ-3,6-დისულფონმჟავა (R-მჟავა)		304	-	იშ	-	-	-	-

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ლ , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
111	მ-ნიტროანილინი		138	1.430	114	285 იშ	-	0.1	სს: სპ, მეთ, ეთ
112	ო-ნიტროანილინი		138	1.442	71.5	260 იშ	-	სს: ცხ	სს: ქლ, ეთ
113	პ-ნიტროანილინი		138	1.437	148	260 იშ	-	0.08	სს: მეთ, ეთ, სპ
114	მ-ნიტროაცეტანილიდი		180	-	150.5	-	-	სს: ცხ	სს: სპ, ეთ
115	ო-ნიტროაცეტანილიდი		180	1.419	90	-	-	ცხ	სს: სპ; მხ: ეთ
116	პ-ნიტროაცეტანილიდი		180	-	215	-	-	მხ	სს: სპ, ეთ
117	ნიტრობენზოლი	<chem>C6H5-NO2</chem>	123	1.2034	5.7	210	1.5530	0.19	სს: სპ, ეთ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ლ , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
118	მ-ნიტრობენზოქსოჟეა		167	1.494	140-41	-	-	1.31	სს: სპ, ეთ, ბენზ, ქლ
119	ო-ნიტრობენზოქსოჟეა		167	1.575	144	-	-	0.67	სს: ბენზ, ქლ
120	პ-ნიტრობენზოქსოჟეა		167	1.610	147	-	-	0.024	სს: ბენზ, ქლ, აც
121	1-ნიტრონაფთალინი		173	1.391	61.5	304	-	უხ	სს, ეთ, ქლ, სპ
122	ნიტრომეთანი	<chem>CH3NO2</chem>	61	1.1437	-17	101.5	1.3813	9.5	სს: სპ, ეთ
123	პ-ნიტროზო-N,N-დიმეთილანილინი		150	-	92.5	-	-	უხ	სს: სპ, ეთ
124	პ-ნიტროზოფენოლი		123	-	126	-	-	უხ	სს: სპ, ეთ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ლ , °C	n _D ²⁰	სსნადობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
125	მ-ნიტროტოლუოლი		137	1.157	15.5	231	-	0.05	სს: ბენზ; მხ: სპ, ეთ
126	ო-ნიტროტოლუოლი		137	1.163	-9.55	219	-	0.065 ³⁰	სს: სპ, ბენზ, ქლ
127	პ-ნიტროტოლუოლი		137	1.139	51.4	238	-	0.44 ³⁰	მხ: სპ, ეთ, ბენზ, ქლ
128	მ-ნიტროფენოლი		139	1.479	97	194	-	1.35 ²⁵	სს: სპ, ბენზ, ეთ
129	ო-ნიტროფენოლი		139	1.657	45	216	-	0.21	სს: სპ, ბენზ, CS ₂
130	პ-ნიტროფენოლი		139	1.479	114	279 იშ	-	1.6 ²⁵	სს: სპ, ეთ, ქლ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ლ , °C	n _D ²⁰	სსნადობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
131	ოთხქლორიანი ნახშირბადი	CCl ₄	153	1.595	-23	76.7	1.463	0.08	სს: სპ, ეთ, ქლ, ბენზ
132	პირიდინი		79	0.982	-42	115.4	1.5092	∞	სს: სპ, ბენზ, ეთ
133	ი-პროპილბენზოლი (კუმოლი)		120	0.864	-96.9	152-3	1.4930	უხ	სს: სპ, ეთ, ბენზ
134	ნ-პროპილბენზოლი	C ₆ H ₅ -C ₃ H ₇	120	0.8617	99.3	159	1.425	0.006 ¹⁵	-
135	ი-პროპილბრომიდი	(CH ₃) ₂ CHBr	123	1.310	-89	59.4	1.4285	0.32	სს: სპ, ეთ
136	ნ-პროპილბრომიდი	C ₃ H ₇ Br	123	1.353	-110	70.8	1.4341	0.025	სს: სპ, ეთ
137	პროპილენი	C ₃ H ₆	42	1.915	-185.2	-47.7	-	45	სს: სპ, ეთ, ძმ
138	ი-პროპილის სპირტი	(CH ₃) ₂ CHOH	60	0.8035	-126	97.2	1.3850	-	სს: სპ, ეთ
139	ნ-პროპილის სპირტი	C ₃ H ₇ OH	60	0.7855	-89.5	82.2	1.3776	-	სს: სპ, ეთ, ბენზ
140	ი-პროპილქლორიდი	(CH ₃) ₂ CHCl	78.5	0.859	-117	34.8	1.3811	0.31	სს: სპ, ეთ
141	ნ-პროპილქლორიდი	C ₃ H ₇ Cl	78.5	0.8910	-122.8	46.6	1.3884	0.2	სს: სპ, ეთ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _{ლ^ლ} , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
142	პროპიოფენონი		134	1.02	21	218	-	უხ	ხს: სპ, ეთ
143	რეზორცინი		110	1.285	110	276	-	229 ³⁰	ხს: სპ, ეთ, ბენზ
144	სალიცილალდეჰიდი		122	1.1674	-7	197	1.5735	მხ	ხს: სპ, ეთ, ბენზ
145	სალიცილმჟავა		138	1.443	159	იშ	-	0.18	ხს: სპ: აც, ქლ
146	სალიცილმჟავა იზოამილის ეთერი		208	1.042	-	273	1.506	0.004 ²³	ხს: სპ, ეთ, ქლ
147	სალიცილმჟავა მეთილის ეთერი		152	1.1840	-8.6	223.3	1.5377	0.074 ³⁰	ხს: სპ, ეთ, ძმ

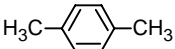

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _{ლ^ლ} , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
148	სულფანილმჟავა		173	-	288 იშ	-	-	1.08	-
149	მ-ტოლუიდი		107	0.989	-31.5	203.3	1.5686	მხ	ხს: სპ, ეთ
150	ო-ტოლუიდი		107	1.004	-16	199.8	1.5688	1.5 ²⁵	ხს: სპ, ეთ
151	პ-ტოლუიდი		107	1.046	43	200.3	1.5532	0.74	ხს: სპ, ეთ, მეთ, აც
152	ტოლუოლი	$C_6H_5CH_3$	92	0.867	-95	110.6	1.4969	0.047	კ: სპ, ეთ, მეთ, აც
153	პ-ტოლუოლსულფომჟავა		172	-	92	140	-	ხს	ხს: სპ, ეთ
154	პ-ტოლუოლსულფოქლორიდი		190.5	-	71	145	-	უხ	ხს: სპ, ეთ, ბენზ

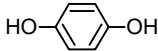
№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ლ , °C	n _D ²⁰	სსნადობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
155	2,4,6-ტრიბრომანი- ლინი		330	2.35	119	300	-	უხ	სს: სპ, ეთ, ქლ
156	ტრიქლორეთილენი	ClCH=CCl ₂	131.5	1.4397	-86.4	88-90	1.477	0.01	სს: სპ, ეთ
157	ტრიქლორმარმუკა	Cl ₃ C-COOH	163.5	1.6237	58	196.5	-	სს	სს: სპ, ეთ
158	1,3,5-ტრიეთილბენ- ზოლი	C ₆ H ₃ (C ₂ H ₅) ₃	162	-	-	218.9	1.4951	-	-
159	ფენეტოლი (ეთოქსიბენზოლი)		122	0.966	-33	172	1.5084	უხ	სს: სპ, ეთ
160	ფენილჰიდროქსილ- ამინი		109	-	81.82	-	-	2	სს: სპ, ეთ, ქლ
161	ფენოლი	C ₆ H ₅ OH	94	1.071	41	181.2	1.5403	7.9 ⁶⁶	სს: სპ, ეთ, ქლ
162	ფენოქსიმარმუკა	C ₆ H ₅ -O-CH ₂ COOH	152	-	99	285 იშ	-	1.2 ¹⁰	სს: სპ, ეთ
163	ფორმალდეჰიდი	HCHO	30	0.815	-92	-21	-	სს	სს: სპ, ეთ
164	ფუმარმუკა დიმეთილეთერი		144	-	102	192	-	უხ	სს: სპ, ეთ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ლ , °C	n _D ²⁰	სსნადობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
165	ფურფუროლი		96	1.1594	-36.5	162	1.5261	9.1 ¹³	სს: სპ, ეთ
166	ფთალანჰიდრიდი		148	1.527	131.6	285 სუბლ	-	მხ	სს: სპ
167	ფთალიმიდი		147	-	233-5	სუბლ	-	0.06 ²⁵	სს: მმ (ცხ)
168	ფთალმუკა		166	1.593	191 იშ	-	-	0.54 ¹⁴	სს: სპ
169	ქარვამუკა	HOOC-(CH ₂) ₂ -COOH	118	1.564	185	235 იშ	-	6.9	სს: სპ, ეთ, აც
170	ქარვამუკა დიეთილის ეთერი	C ₂ H ₅ OOC-(CH ₂) ₂ -COOC ₂ H ₅	174	1.0402	-21	217.7	1.4207	უხ	სს: სპ, ეთ
171	ქლორაცეტამიდი	ClCH ₂ CONH ₂	93.5	-	181	224	-	10 ²⁴	მხ: სპ, ეთ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _{ლულ} , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
172	ო-ქლორაცეტოფენონი		154	1.1884	-	227-8	-	მხ	სს: ეთ, სპ
173	პ-ქლორაცეტოფენონი		154	1.188	14-5	232	-	უხ	სს: ეთ, სპ
174	ქლორბენზოლი	C ₆ H ₅ Cl	112.5	1.0066	-45	132	1.5248	0.05 ³⁰	სს: ეთ, სპ, ბენზ, ქლ
175	მ-ქლორბენზომჟავა		156.5	1.496	154-5	სუბლ	-	0.04	სს: ეთ, სპ
176	ო-ქლორბენზომჟავა		156.5	1.644	140-2	სუბლ	-	0.21 ²⁵	მხ: ეთ, სპ
177	პ-ქლორბენზომჟავა		156.5	1.541	235	სუბლ	-	0.0077	მხ: ეთ, სპ
178	ქლოროფორმი	CHCl ₃	119.5	1.488	-63.5	61.2	1.4464	უხ	სს: ეთ, სპ
179	მ-ქლორტოლუოლი		126.5	1.0722	-47.8	162	1.5225	უხ	სს: ეთ, სპ, ბენზ, ქლ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _{ლულ} , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
180	ო-ქლორტოლუოლი		126.5	1.0817	-34	159	1.5238	უხ	სს: ეთ, სპ, ბენზ, ქლ
181	პ-ქლორტოლუოლი		126.5	1.0697	7.5	162 44 ¹⁰	1.5193	უხ	სს: ეთ, სპ, ბენზ, ქლ
182	ქლორმმარმჟავა	ClCH ₂ COOH	94.5	1.58	-50	189	1.4297	მხ	სს: ეთ, სპ, ბენზ
183	ქლორმმარმჟავა ეთილის ეთერი	ClCH ₂ COOC ₂ H ₅	122.5	1.169	-26	144.2	1.4227	უხ	კ: სპ, ეთ
184	პ-ჰინონი		108	1.318	115.7	სუბლ	-	სს (ცხ)	კ: ეთ
185	ტრიქლორმმარმჟავა ეთილის ეთერი	Cl ₃ CCOOEt	191.5	1.383	-	168	1.45068	უხ	კ: სპ, ეთ
186	მ-ქსილოლი		106	0.8641	-47.4	139	1.4972	უხ	სს: სპ, ეთ
187	ო-ქსილოლი		106	0.8813	-25	144	1.5071	უხ	სს: სპ, ეთ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ლ , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
188	პ-ქსილოლი		106	0.8611	13.2	138	1.5004	უხ	ხს: სპ, ეთ
189	ციკლოპექსანოლი	C ₆ H ₁₁ OH	100	0.9945	25.4	161.5	1.461	5.67	ხს: სპ, ეთ, ბენზ
190	ციკლოპექსანონი		98	0.9478	-45	115-6	1.4507	2.4	ხს: სპ, ეთ
191	მმარმჟავა ანჰიდრიდი	(CH ₃ CO) ₂ O	102	1.0820	-71.3	140	1.3901	იშ	ხს: ბენზ, ეთ
192	მმარმჟავა	CH ₃ COOH	60	1.0492	16.6	118.1	1.3698	∞	ხს: სპ, ეთ
193	მმარმჟავა ბუტილის ეთერი	CH ₃ COOC ₄ H ₉	116	0.882	-76.8	126	1.3951	უხ	ხს: სპ, ეთ
194	მმარმჟავა ეთილის ეთერი	CH ₃ COOC ₂ H ₅	88	0.901	-83.6	77.15	1.37005	მხ	ხს: სპ, ეთ
195	მმარმჟავა ი-ამილის ეთერი	CH ₃ COOC ₅ H ₁₁ (ი)	130	0.8699	-78.5	140-2	1.4014	0.16 ²⁵	ხს: სპ, ეთ
196	მმარმჟავა პროპილის ეთერი	CH ₃ COOC ₃ H ₇	102	0.887	-92.5	101.6	1.3844	1.89	ხს: სპ, ეთ
197	ჭიანჭველმჟავა	HCOOH	46	1.22	8.4	100.7	1.3714	∞	ხს: სპ, ეთ
198	ჭიანჭველმჟავა ეთილის ეთერი	HCOOC ₂ H ₅	74	0.9168	-80.5	54.3	1.3598	11.8 ²⁵	ხს: სპ, ეთ

№	დასახელება	ფორმულა	M	d, გ/სმ ³	T _ლ , °C	T _ლ , °C	n _D ²⁰	სსნალობა	
								H ₂ O	ორგ.გამს.
199	ჰიდრაზინჰიდრატი	H ₂ NNH ₂ ·H ₂ O	50	1.03	-40<	118.5	-	∞	ხს: სპ, ეთ, ქლ
200	ჰიდრობენზონი	PhCH(OH)CH(OH)Ph	214	0.927	138	300	-	მხ	მხ: სპ
201	ჰიდროქინონი		110	1.358	170.5	286.2	-	5.8 ¹⁵	ხს: სპ, ეთ

სარჩევი

შესავალი -----	3
1. ზოგადი ნაწილი-----	5
1.1. სამუშაო რეზუმეს გაფორმება -----	5
1.2. ჭურჭლის გასუფთავება-----	6
1.3. გახურება -----	8
1.4. გაცივება -----	10
1.5. გამოსლა-----	14
1.6. ფქლის ორთქლით გამოსლა-----	18
1.7. ვაკუუმ გამოსლა -----	20
1.8. ფქლიანი და უფქლო გამსხნელების კონცენტრირება -----	24
1.9. გადაკრის ტალეზა -----	26
1.10. ექსტრაქცია-----	28
1.11. სუბლიმაცია (ზერთვილვა) -----	30
1.12. ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრა-----	32
1.13. გარდატეხის (რეფრაქციის) მაჩვენებელი -----	34
1.14. მქანიკური არევა-----	12
1.15. ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში-----	65
2. ქრომატოგრაფია -----	36
2.1. თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია-----	39
2.2. სვეტური ქრომატოგრაფია -----	43
2.3. აირ-თხევალური ქრომატოგრაფია -----	48
2.3.1. ძირითადი კვანძების დახასიათება -----	50
2.4. თვისებითი და რაოდენობითი ანალიზი -----	53
3. ორგანული ნაერთების ელემენტური ანალიზი -----	56
3.1. ორგანული ნაერთების დამოკიდებულება გახურების მიმართ -----	56
3.2. ორგანული ნაერთების თვისებითი ანალიზი --	57
3.2.1. ნახშირბადის და წყალბადის განსაზღვრა ---	57
3.2.2. აზოტის, გოგირდის და ჰალოგენების განსაზღვრა -----	58
3.3. ორგანულ ნაერთთა რაოდენობითი ანალიზი --	63
4. უსაფრთხოების ტექნიკა ორგანული სინთეზის ლაბორატორიაში და კირკვლი დახმარება უბედური შემთხვევის დროს---	69
დანართი A -----	74

ქიმიურ ლაბორატორიაში გამოყენებული ჭურჭელი და აპარატები -----	74
მოკლე ცნობარი -----	84
სარჩევი -----	110

კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ელიზბარაშვილის

**იბეჭდება ავტორთა მიერ
წარმოდგენილი სახით**

გადაეცა წარმოებას 28.05.2005. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
07.06.2005. ქალაქის ზომა 60×84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი
6.75. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 5. ტირაჟი 100 ეგზ.
შეკვეთა №

გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,
კოსტავა 77

