ნიკოლოზ შაყულაშვილი, ნინო მანველიძე

# ლაბორატორიული საქმე მეთევზეობაში

სახელმძღვანელო შედგენილია საზოგადოებრივი კოლეჯი „ფაზისის“ პროექტის - „ინოვაციური პროფესიული განათლების დანერგვა საქართველოს მეთევზეობის ინდუსტრიაში“ ფარგლებში, რომელიც დაფინანსებულია ათასწლეულის გამოწვევის ფონდი - საქართველოს „პროფესიული განათლება ეკონომიკის განვითარებისთვის“ პროექტის ფარგლებში.

მომზადებულია საზოგადოებრივი კოლეჯი „ფაზისის“ მიერ

თბილისი, 2017

სახელმძღვანელოს შედგენას საფუძვლად დაედო „თევზის და ზღვის პროდუქტების ლაბორატორიის ტექნიკოსის“ პროფესიული სტანდარტი, „მეთევზეობის“ ჩარჩო დოკუმენტი და „ლაბორატორიული საქმე მეთევზეობაში“ პროფესიული საგანმანათლებლო პროგრამა.

სახელმძღვანელო შედგება 8 თავისგან. მასში განხილულია ლაბორატორიაში შრომის უსაფრთხოების, ხარისხის სისტემის მენეჯმენტის, თევზიდან/თევზის საკვებიდან და თევზის საარსებო გარემოდან ნიმუშის აღების და ლაბორატორიული მოწყობილობების ოპერირების საკითხები. სახელმძღვანელოში დეტალურადაა აღწერილი თევზსა და თევზის საარსებო გარემოსთან დაკავშირებით ანალიზის ჩატარების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი, მიკრობიოლოგიური, ინსტრუმენტული, იმუნოფერმენტული და მოლეკულურ-ბიოლოგიური მეთოდები.

სახელმძღვანელოს შემუშავებაში ავტორებს დახმარება გაუწიეს ფინეთის ლივია კოლეჯის ექსპერტებმა.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია პროფესიული კოლეჯების სტუდენტებისთვის.

**რეცენზენტი:**
**ია ფანცულაია** - ბიოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი, თსსუ ასოცირებული პროფესორი, თსსუ ვლადიმერ ბახუტაშვილის სახელობის სამედიცინო ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი
**თამარ კოხრეიძე** - საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სსიპ სურსათის ეროვნული სააგენტო, ადმინისტრაციული დეპარტამენტის მომსახურების  სამმართველოს უფროსი სპეციალისტი

**სარედაქციო კოლეგია:**
**ეკატერინე კლდიაშვილი** - ბიოლოგიის დოქტორი, პროფესორი
**რევაზ საყვარელიძე** - გაეროს განვითარების პროგრამის (UNDP) პროექტის მენეჯერი

***„ამ პუბლიკაციის გამოცემა შესაძლებელი გახდა ამერიკის შეერთებული შტატების მიერ საქართველოსთვის გაცემული გრანტის მეშვეობით, ათასწლეულის გამოწვევის კორპორაციის (www.mcc.gov) დაფინანსებით, ორ ქვეყანას შორის ხელმოწერილი II კომპაქტის ფარგლებში. ინფორმაცია, რომელიც მოცემულია აღნიშნულ გამოცემაში არ წარმოადგენს აშშ-ის მთავრობის, ათასწლეულის გამოწვევის კორპორაციისა და ათასწლეულის გამოწვევის ფონდი - საქართველოს პოზიციას“.***

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლების დარღვევა ისჯება კანონით.

ISBN .....

## სარჩევი


**შესავალი** **4**

**თავი 1.** შრომის უსაფრთხოება თევზისა და ზღვის პროდუქტების ლაბორატორიული კვლევისათვის 31

**თავი 2.** ლაბორატორიის ხარისხის სისტემის მენეჯმენტი 60

**თავი 3.** თევზიდან/ზღვის პროდუქტებიდან, თევზის საკვებიდან და თევზის საარსებო გარემოდან ნიმუშის აღება ***(ავტორი: რევაზ საყვარელიძე)*** ***91***

**თავი 4.** თევზისა და ზღვის პროდუქტების ლაბორატორიის მოწყობილობების ოპერირება 120

**თავი 5.** თევზის/ზღვის პროდუქტების და თევზის საარსებო გარემოს რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ანალიზების ჩატარება 130
***(ავტორი: ნონა ბოლქვაძე)***

**თავი 6.** თევზის/ზღვის პროდუქტების და თევზის საარსებო გარემოს მიკრობიოლოგიური ანალიზების ჩატარება 182

**თავი 7.** თევზის/ზღვის პროდუქტების და თევზის საარსებო გარემოს ინსტრუმენტული ანალიზების ჩატარება 209

**თავი 8.** თევზსა და ზღვის პროდუქტებში იმუნოფერმენტული და მოლეკულურ-ბიოლოგიური მეთოდებით ანალიზის ჩატარება 259

**გამოყენებული ლიტერატურა** **290**

# შესავალი

## ზოგადი მიმოხილვა

მიუხედავად იმისა, რომ თევზი და თევზპროდუქტები საქართველოს მნიშვნელოვანი საექსპორტო პოტენციალის მქონე პროდუქტია, და მათი წყალობით ქვეყანა შესაძლოა ქაფშიის (და მისგან წარმოებული პროდუქტების) მსოფლიო ექსპორტიორთა ნუსხაშიც შევიდეს, ჯერ კიდევ არსებობს საქართველოს თევზის პროდუქციის სექტორის კონკურენტუნარიანობის ხელშემშლელი ფაქტორები. ამ ფაქტორების დაძლევამ მაკრო- და მიკრო დონეზე შეიძლება მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტი იქონიოს.

შავი ზღვის საქართველოს ტერიტორიულ წყლებში, ქაფშიის გარდა სხვა სახეობის თევზპროდუქტების და სხვა მცირე პელაგიური სახეობის რეწვაც ხორციელდება, რომლებსაც როგორც საექსპორტო, ასევე გარკვეულწილად შიდა ბაზრის დაკმაყოფილების მნიშვნელობაც გააჩნია. შიდა ბაზარზე ასევე გვხვდება მცირე მეწარმეების მიერ მოპოვებული და დამუშავებული სხვა თევზპროდუქტიც.

ზღვის თევზპროდუქტების გარდა, საექსპორტო და შიდა ბაზრის დაკმაყოფილების პოტენციალი მოშენებული აკვაკულტურის პროდუქტებსაც გააჩნია. ეს სეგმენტი ბოლო ათწლეულში მნიშვნელოვნად განვითარდა და ზრდის ტემპებს მდგრადად ინარჩუნებს.

მესამე სამყაროს ქვეყნებმა, რომლებსაც საქართველოც მიეკუთვნება, და რომელთაც სურვილი აქვთ თევზის და აკვაკულტურის პროდუქტებით საერთაშორისო ვაჭრობაში ჩაერთონ, ამ სექტორში სურსათის უვნებლობის ეფექტური კონტროლის განხორციელების მიზნით, შესაბამისი სამართლებრივი, ინსტიტუციური და ტექნიკური ნაბიჯები უნდა გადადგან. ამდენად, პროდუქციის ხარისხის შემოწმება მის გადატვირთვამდე, გადამუშავებამდე, ტრანსპორტირებამდე ან მარკეტინგამდე, ასევე მოშენებული აკვაკულტურის პროდუქტების ჯანმრთელობის პირობების უზრუნველყოფა, მწარმოებელთა მიერ სურსათის უვნებლობის მოთხოვნების, ექსპორტისა და მარკეტინგის საერთაშორისო სტანდარტების დაკმაყოფილებას უზრუნველყოფს.

თევზპროდუქტების ღირებულებათა ჯაჭვის ჩამოყალიბების ყველა მონაწილე, მათ შორის უფლებამოსილი სამსახურები აღნიშნავენ, რომ საქართველოში თევზის და აკვაკულტურის სექტორის შემდგომი განვითარებისთვის აუცილებელია თანამედროვე აღჭურვილობის და საერთაშორისო აკრედიტებული საგამოცდო ლაბორატორიის არსებობა, რომელიც თევზპროდუქტების ხარისხის კრიტიკულ და უსაფრთხოების პარამეტრების შემოწმებას განახორციელებს და რაც სურსათის უვნებლობის ეფექტური კონტროლის მნიშვნელოვან ეტაპს წარმოადგენს. წარმოების პროცესის ადრეულ

ეტაპებზე, ლაბორატორიული ანალიზები მიკვლევადობის სისტემის განხორციელების მნიშვნელოვანი ნაწილია, რაც განაპირობებს მდგრადობას და რომელიც, თავის მხრივ, თევზის და აკვაკულტურის სექტორის საკვანძო კონცეფციად გვევლინება.

აკვაკულტურის პროდუქციაში პრიორიტეტულად მიჩნეულ სპეციფიურ საფრთხეებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ანტიბიოტიკების ნარჩენების თემას. ეს საკითხი შესაძლებელია წარმოების პირველ ეტაპზე შესაბამისი კოდექსისა და მართვის საუკეთესო პრაქტიკის გამოყენებით გადაიჭრას.

ლაბორატორიის დანიშნულებაა განახორციელოს თევზისა და თევზის წარმოების პროდუქტების როგორც მიკრობიოლოგიური, ასევე ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზი. ამდენად, ლაბორატორიას უნდა შეეძლოს გააანალიზოს თევზპროდუქტისთვის დამახასიათებელი პათოგენების, ასევე გარემოდან მომდინარე ან გადამუშავებასთან ასოცირებული დაბინძურების, ვეტერინარული პრეპარატების ნარჩენების საკითხები და ა.შ.

როგორც ზევით აღინიშნა, პროდუქტის ხარისხის შემოწმება მის გადატვირთვამდე, წარმოებამდე, ტრანსპორტირებამდე ან გაყიდვამდე, ისევე როგორც აკვაკულტურის მოშენებული პროდუქტების ჯანმრთელობის პირობების ურუნველყოფა, საშუალებას მისცემს მწარმოებლებს, სურსათის უვნებლობის მოთხოვნები, ექსპორტისა და მარკეტინგის საერთაშორისო სტანდარტები დააკმაყოფილონ.

თავისუფალი ბაზრის პირობებში სურსათის უვნებლობის კონტროლის თანამედროვე სისტემებში პასუხისმგებლობა უმეტესწილად მწარმოებელს ეკისრება. მწარმოებლის მიერ მეცნიერულად დასაბუთებული რისკის შეფასება აუცილებელია რისკების დადგენისა და აღმოფხვრის ან მისაღებ დონემდე მათი შემცირებისთვის. თევზის, აკვაკულტურის და გადამუშავებული პროდუქტების პერმანენტული და კვალიფიციური ლაბორატორიული კონტროლი ხელს შეუწყობს მწარმოებლებს გადაჭრან აღნიშნული ამოცანები.

### საფრთხეები და საფრთხის კონტროლი

თევზპროდუქტების სფეროში არსებული საფრთხეები მათი ბუნების შესაბამისად კლასიფიცირდება: ქიმიური, ბიოლოგიური და ფიზიკური. ზოგიერთი, მაგალითად პროდუქციის წყაროდან წარმოქმნილი საფრთხე, თევზპროდუქტების სახეობებისთვის სპეციფიურია (სახეობასთან დაკავშირებული საფრთხეები). სხვა საფრთხე თავისი ბუნებით უფრო ზოგადია (თევზჭერის შემდგომი დაბინძურება) და შეიძლება სხვა პროდუქტებთანაც ასოცირდებოდეს (პროცესებიდან გამომდინარე საფრთხეები).

**ბიოლოგიური საფრთხე**

სურსათიდან მომდინარე ბიოლოგიური საფრთხე მოიცავს სხვადასხვა მიკრო-ბიოლოგიურ ორგანიზმს: ბაქტერია, ვირუსი, სოკო და პარაზიტი. ეს ორგანიზმები, როგორც წესი, ადამიანებსა და კვების პროდუქტების საწარმოებში შემოსულ ნედ-ლეულთან ასოცირდება. მათგან მრავალი იმ გარემოში გვხვდება, სადაც თევზის პროდუქტების რეწვა მიმდინარეობს. ამ ორგანიზმების დიდი უმრავლესობა საკვები პროდუქტების მომზადების შედეგად კვდება ან ინაქტივირდება, შესაბამისად საფრთხე სწორი დამუშავებისა და შენახვის (ჰიგიენა, ტემპერატურა, დრო) შედეგად მცირდება.

ქვემოთ მოცემულია თევზპროდუქტის ბიოლოგიური საფრთხის ზოგიერთი მა-გალითი:

**წყლის ბაქტერია**

Clostridium botulinum (type E) (სპორები)

ზღვის Vibrio

- *Vibrio cholera*
- *Vibrio parahaemolyitcus*
- *Vibrio vulnificus*

**გარემოს ბაქტერია**

*Listeria monocytogenes*

მეზოფილური *Clostridium botulinum (type A and B)*

**ადამიანის/ცხოველური წარმოშობის ბაქტერია**

*Salmonella spp. (S. typhimurium, S. enteriditis)*

*Shigella (S. dysenteriae)*

**პათოგენური Escherichia coli (e.g. E. coli 0157)**

*Staphylococcus aureus*

*Streptococcus pyogenes*

*Yersinia enterocolitica*

**სოკოები**

**ვირუსები**

*Hepatitis A and E*

*Norwalk virus group*

*Rotavirus*

**პარაზიტები და უმარტივესნი**

*Anisakis simplex*
*Gnathostoma sp.*
*Diphyllobothrium latum*
*Entamoeba histolytica*
*Giardia lamblia*
*Clonorchis sinensis*

საკვებიდან მომდინარე რეგისტრირებულ დაავადებათა აფეთქებებისა და შემთხვევების უმრავლესობა პათოგენური ბაქტერიებით არის გამოწვეული. ამ მიკროორგანიზმების არსებობის გარკვეული დონე ზოგიერთ უმად მოსახმარ საკვებში არსებობს. ამ პროდუქტების არასწორმა შენახვამ და დამუშავებამ შესაძლოა ასეთი მიკროორგანიზმების დონის მნიშვნელოვანი ზრდა განაპირობოს. თუ მზა პროდუქტი არასწორადაა დამუშავებული ან შენახული, მიკროორგანიზმების სწრაფი ზრდისთვის ის სასურველ არეს წარმოადგენს. ასეთი პროდუქტი მაღალი რისკის შემცველად განიხილება, რადგან მოხმარების წინ მისი შემდგომი თერმული დამუშავება (რაც გააუვნებლებს მიკროორგანიზმებს) გათვალისწინებული არ არის.

ვირუსი შესაძლოა საკვებიდან/წყლიდან მოდიოდეს, ან საკვებში ადამიანის და ცხოველის მიერ ან სხვა რაიმე კონტაქტის შედეგად იყოს შეტანილი. ბაქტერიებისგან განსხვავებით, ვირუსები ცოცხალი უჯრედის გარეთ ვერ მრავლდება. შესაბამისად, საკვებ პროდუქტში ის არ წარმოიქმნება.

პარაზიტები ყველაზე ხშირად ცხოველებსა და ადამიანებში ბუდობენ, ისინი მათი ცხოველქმედების ციკლშიც მონაწილეობენ. როგორც წესი, პარაზიტული ინფექციების არსებობა ცუდად მოხარშულ თევზის პროდუქტს ან მზა საკვები თევზის დაბინძურებას უკავშირდება. უმად მოსახმარ, მარინადის ან ნახევრადმოხარშულ პროდუქტში არსებული ზოგიერთი პარაზიტი ეფექტური გაყინვის შედეგად კვდება.

სოკო ობს და საფუარებს მოიცავს. ზოგიერთი სოკო შეიძლება სასარგებლოც იყოს, მაგალითად ზოგიერთი პროდუქტის (მაგალითად ყველის) წარმოებაში გამოყენებული სოკო. მიუხედავად ამისა, სოკოები ისეთ ტოქსიკურ ნივთიერებებს (ტოქსინებს) წარმოქმნიან, რომლებიც ადამიანისა და ცხოველისთვის სახიფათოა და კვების ჯაჭვში ცხოველთა საკვებიდან ხვდება.

**ალერგენები**

თევზიდან მომავალი ალერგია კვების პროდუქტებით გამოწვეული ალერგიის ყველაზე ხშირი შემთხვევაა. თევზის მიმართ ალერგიის მქონე ადამიანების ორგანიზმში

წარმოიქმნება იმუნოგლობულინ E (IgE) - სპეციფიური ანტისხეულები. თუ რატომ წარმოიქმნება ეს ალერგენები ერთი ადამიანის სხეულში და მეორეში არა, უცნობია. თევზის მიმართ ალერგია იმ ქვეყნებშია უფრო ხშირი, სადაც მოსახლეობის რაციონში დიდი რაოდენობით თევზი შედის, მაგალითად ნორვეგიაში, ყოველ 1000 მოსახლეზე ერთი ალერგიულია.

### ქიმიური საფრთხე

საკვებ პროდუქტში ქიმიური დამაბინძურებლები შეიძლება ბუნებრივი წარმოშობის იყოს, ან მასში თევზის დამუშავებისას მოხვდეს. საკვები პროდუქტებიდან მომდინარე დაავადებების მწვავე შემთხვევებს სახიფათო ქიმიური ნაერთების მაღალი შემცველობა განაპირობებს. მათი დაბალი კონცენტრაცია შესაძლოა ქრონიკული დაავადებების გამომწვევი იყოს. ქვემოთ მოცემულია ქიმიური საფრთხის მაგალითები:

### ბუნებრივად არსებული ნაერთები

მიკოტოქსინი (მაგ. აფლატოქსინი)

სკომბროტოქსინი (ჰისტამინი)

ციგუატოქსინი

### მოლუსკების ტოქსინები

- მოლუსკების პარალიტიკური ტოქსინი (PSP)
- დიარეის გამომწვევი ტოქსინი (DSP)
- მოლუსკების ნეიროტოქსინი (NSP)
- ამნესთეტიკური ტოქსინი (ASP)
- პიროლიზიდინის ალკალოიდები
- ფიტოჰემაგლუტინინი

### დამაბინძურებლები, დანამატები და ნარჩენები

### გარემო დამაბინძურებლები:

- პოლიქლორირებული ბიფენილები (PCBs)

### აგროქიმიური პრეპარატები:

- პესტიციდები
- სასუქები

- ანტიბიოტიკები

- ზრდის ჰორმონები

- ანტიბიოტიკების ნარჩენები

**ტოქსიური მძიმე მეტალები (ბუნებრივი და ანთროპოგენური წყაროებიდან):**

- ტყვია

- თუთია

- კადმიუმი

- ვერცხლისწყალი

- სპილენძი
- ნიკელი

**საკვებდანამატები:**

- ასტაქსანტინი და საღებავები

**დამაბინძურებლები:**

- საპოხი ნივთიერებები

- გამწმენდები

- სანიტარული საშუალებები

- ლაკირება

- საღებავები

- სამაცივრე აგენტები (ფრეონი და ა.შ.)

- წყლის ან ორთქლის გამწმენდი საშუალებები

- მავნებლებთან ბრძოლის საშუალებები

**შეფუთვიდან:**

- პლასტიფიკატორები

- ვინილქლორიდი

- კოდირების საღებავი/მელანი

- წებო

- ტყვია

- კალა

### ფიზიკური საფრთხე

საკვებ პროდუქტში მოხვედრილმა მყარმა საგნებმა  შეიძლება დაავადება ან ტრავმა გამოიწვიონ. ფიზიკური დაბინძურების საფრთხე შეიძლება მოდიოდეს რეწვიდან მომხმარებლამდე მთელ საკვებ ჯაჭვში პროდუქტის დაბინძურებიდან. ასეთი დაბინძურების მაგალითებია ლითონის, მინის, პლასტიკატის ნაწილაკებით დაბინძურება.

### ინფორმაციის წყაროები თევზის პროდუქტების საფრთხის შესახებ

ინფორმაცია თევზის პროდუქტებში სპეციფიური საფრთხეებისა და მათი კონტროლის შესახებ "თევზისა და თევზპროდუქტების პრაქტიკის კოდექსის" („Code of practice for fish and fishery products") მეორე გამოცემაშია მოყვანილი. კოდექსი აღწერს თევზის, მოლუსკების და მათი იმ პროდუქტების წარმოების ტექნოლოგიურ პრინციპებსა და ჰიგიენის ძირითად მოთხოვნებს, რომლებიც უსაფრთხოა ადამიანის მოხმარებისთვის და პროდუქციის სტანდარტების კოდექსის მოთხოვნებს აკმაყოფილებს. ეს კოდექსი ასევე შეიცავს HACCP-ის გამოყენების პრინციპებს, რაც რეკომენდებულია ჰიგიენურ მოთხოვნათა შესაბამისად თევზისა და თევზპროდუქტების საწარმოებლად, ასევე ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების მოთხოვნათა დაცვის მიზნით. ამ კოდექსის ელექტრონული ვერსია FAO-ს ვებგვერდზეა ხელმისაწვდომი.

სურსათის ჰიგიენის ძირითადი პრინციპებისა და ასევე სხვა სახელმძღვანელოების მოძიება Codex alimentarius-შია შესაძლებელი, ან სურსათის სტანდარტების საერთაშორისო ვებგვერდზე

## ჯანმრთელობის სტანდარტები თევზპროდუქტებისთვის

### კანონმდებლობა

სპეციფიკური სტანდარტები თევზპროდუქტებისთვის ევროკავშირის კანონმდებლობაშია მოცემული და მესამე ქვეყნის ეროვნულ კანონმდებლობაშიც ექვივალენტურად უნდა იქნას ასახული. ევროკავშირის უახლესი კანონმდებლობა ხელმისაწვდომია აქ: http://eur-lex.europa.eu/. კოდექს ალიმენტარიუსი (Codex Alimentarius) ასევე ადგენს საერთაშორისო სტანდარტებს თევზპროდუქტებისთვის, რომელიც შესაძლოა მიღებულ და გამოყენებულ იქნას მესამე ქვეყნის მიერ.

### ორგანოლეპტიკური მახასიათებლები

თევზპროდუქტების სენსორული თვისებები ვარგისიანობის მნიშვნელოვანი ინდიკატორია. ორგანოლეპტიკური მახასიათებლების შემოწმება აუცილებელია, რათა ადა-

მიანის მოხმარებისთვის პროდუქტის ვარგისიანობა დადგინდეს.

პროდუქტის დამუშავება, რომლითაც გაფუჭებული პროდუქტი ინიღბება (მაგალითად პროდუქტის ფერის შეცვლა ნახშირბადის მონოქსიდით დამუშავებით) ევროკავშირის კანონმდებლობით დაშვებული არ არის.

ორგანოლეპტიკური შეფასება მოიცავს ვიზუალურ მხარეს, სუნს და კუნთის ტექსტურას. ეჭვის შემთხვევაში საჭიროა მზა თევზის გემოს შეფასებაც. თევზის ბაზრებსა და გადმოტვირთვის ადგილებში საინსპექციო კონტროლი ისე უნდა განხორციელდეს, რომ გაითვალისწინონ უმი და მზა თევზის ორგანოლეპტიკური შემოწმების საჭიროება.

თევზის ინსპექტორი უნდა ცნობდეს თევზის სხვადასხვა სახეობისთვის (რომელთანაც შეხება აქვს) დამახასიათებელ ზადს. ზოგადად, გაფუჭების ხარისხის შესაფასებლად, ინსპექტორი თევზის თვალის, ლაყუჩების, მუცლისა და კანის, სუნისა და კუნთის ტექსტურის ცვლილებებს აკვირდება. სენსორული ხარისხის შეფასების ზოგიერთი ასპექტი ქვევითაა მოცემული.

| შეგრძნება | ხარისხობრივი ასპექტი |
|---|---|
| ვიზუალური | ზოგადი სახე და მდგომარეობა, ზომა, ფორმა, ფიზიკური დეფექტები, ფერი, ბრწყინვალება, შესაბამისობა |
| სუნი | ნედლი, ზადი, ცხიმიანობა, სიმძაღე, შებოლის სუნი |
| არომატი | ნედლი, უცხო გემო დაჰკრავს, ზადი, ცხიმიანობა, სიმძაღე, შებოლილის არომატი, სიმწკლარტე, მჟავიანობის პირველადი გემო, სიმწარე, სიმლაშე, სიტკბო |
| შეხება (თითით და პირით) | ზოგადი ტექსტურა, სიმაგრე, სირბილე, ელასტიურობა, მყიფე, სიუხეშე, პრიალა მარცვლოვნობა, მწებარე, დენადობა, ტენიანობა, სიმშრალე, მკაფიო, ძვლების (ფხების) არსებობა |

1996 წლის 26 ნოემბრის კომისიის (EC) № 2406/9632 რეგლამენტში საკითხისადმი ალტერნატიული მიდგომაა მოცემული. აქ თევზი შესაძლოა კლასიფიცირებული იყოს როგორც ექსტრა, A ან B კლასის, ან როგორც უვარგისი (კლასი E). მიუხედავად ამისა, კლასიფიკაციის უმრავლესი სტანდარტი ევროპული არეალის სახეობებისთვის არის განკუთვნილი და მათი გამოყენება სხვა რეგიონების თევზპროდუქტების მიმართ დიდი სიფრთხილით უნდა განხორციელდეს, რადგან განსხვავებული რეგიონის სახეობებს გაფუჭების განსხვავებული მახასიათებლები გააჩნიათ.

### ჯამური აქროლადი აზოტი (TVN)

TVN-ის ზღვრები თევზპროდუქტებისთვის ევროკომისიის 2005 წლის 5 დეკემბრის (EC) No 2074/2005 (http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2074&from=EN) რეგლამენტით არის დადგენილი. თუმცა ის მხოლოდ ევროკავშირის წყლებში მობინადრე ზოგიერთი სახეობისთვის ადგენს ამ ზღვრებს (100 გ ხორცზე 25-35 მგ აზოტი). რეგლამენტი ანალიზის რეფერენტულ მეთოდსაც განსაზღვრავს. რამდენადაც TVN თევზის ხარისხის ინდიკატორია, ეს ზღვრები უნივერსალური არ არის. მესამე ქვეყნის მომწოდებლებისთვის ისინი ნაკლებად მნიშვნელოვანია, განსაკუთრებით ტროპიკული წყლის თევზის შემთხვევაში. თუ ხარისხის შესაფასებლად ინსპექტორს ქიმიური ინდიკატორის გამოყენება სურს, ეს მეცნიერული კვლევის საფუძველზე უნდა გაკეთდეს. ეს საჭიროა რათა:

- ✔ განისაზღვროს გაფუჭების შესაბამისი ინდიკატორი (მაგალითად, TVN ან ტრი-მეთილამინი (TMA) ზღვის თევზის შემთხვევაში, ან ჰიპოქსანტინი მტკნარი წყლის შემთხვევაში, შეუდგენელი ინდიკატორი, როგორიცაა k-სიდიდე);
- ✔ სამიზნე სახეობებში დახასიათდეს მისი ცვლილება დროში, სხვადასხვა პირობებსა და სენსორულ, მიკრობიოლოგიურ და სხვა პარამეტრებთან მისი შემცველობის კორელაციაში;
- ✔ დადგინდეს დასაშვები ზღვრები;
- ✔ შემუშავდეს და მიეთითოს ანალიზის ვალიდური და დაკალიბრებული რეფერენტული მეთოდი, სხვა მეთოდებით მიღებულ შედეგებთან შედარების გზით.

### პარაზიტებთან დაკავშირებული მოთხოვნები

ევროკავშირის რეგლამენტები ერთობ სპეციფიურია იმ პირობების მიმართ, რომელშიც უნდა დამუშავდეს და გადამუშავდეს ზოგიერთი ისეთი სახეობის თევზი, რომლიდანაც ადამიანის პარაზიტულ ინფექციებთან დაკავშირებული ჯანმრთელობის რისკი მომდინარეობს. პარაზიტული ინფექციების მიმართ მგრძნობიარე და უმად მოსახმარი (ცივად შებოლილის ჩათვლით) თევზპროდუქტების რეალიზაცია არ შეიძლება, თუ ის არ გაიყინება უსაფრთხოების მოთხოვნებით დადგენილ დროში.

ევროკავშირის ფარგლებში ადამიანის ჯანმრთელობისთვის საფრთხის მქონე სამი კლასის პარაზიტია ცნობილი. პარაზიტებთან დაკავშირებული ჯანდაცვის წესები (მაგალითად 24-საათიანი გაყინვა) ამ სახეობების მახასიათებლების მიმართ სპეციფიურია, და არ არსებობს მეცნიერული საფუძველი, რათა ისინი გამოიყენონ სხვა პარაზიტებიდან მომდინარე საფრთხის მიმართ, რომელიც, თავის მხრივ, მესამე

ქვეყნების განსხვავებული ფაუნისა და გარემო პირობების მქონე წყლებთან არის დაკავშირებული.

თევზიდან მომდინარე პლატიჰელმინთური (მაგ. ნემატოდები, ტრემატოდები და ცესტოდები) პარაზიტების ეპიდემიოლოგია მსოფლიოს ბევრ რეგიონში კარგადაა შესწავლილი. მაგალითად სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში გავრცელებული ზოგიერთი ტრემატოდური სახეობა, ღვიძლის ტრემატოდა Clonorchis sinensis და ფილტვის ტრემატოდა (Paragonimus spp.), როგორც ცნობილია, რთულ დაავადებას იწვევს და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის კუთხით სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენენ.

პარიზიტების თემაზე თევზპროდუქტების ვიზუალური შემოწმების წესები ევროკომისიის 2005 წლის 5 დეკემბრის (EC) No 2074/2005 რეგლამენტით არის დადგენილი. ეს რეგლამენტი გამოშიგნული თევზის წარმოდგენილი ნიმუშების ვიზუალურ დათვალიერებას ითვალისწინებს. პარაზიტული საფრთხის მატარებელი თევზპროდუქტების ინსპექცია მუცლის ღრუს, ღვიძლის, ქვირითის და რბილობის შემოწმებას  მოიცავს. უნდა არსებობდეს ნიმუშის აღების წერილობითი გეგმა, შესაბამისი აღჭურვილობა და სათანადოდ მომზადებული პერსონალი.

თუ თევზის პარაზიტები საზოგადოებრივი ჯანდაცვისთვის პრობლემას წარმოადგენენ, უფლებამოსილი სამსახური დარწმუნებული უნდა იყოს, რომ არსებობს შესაბამისი ლაბორატორიული სიმძლავრე და სათანადო კონტროლის მექანიზმებიც შემუშავებულია.

### მიკრობიოლოგიური კრიტერიუმები

- ✔ თევზპროდუქტებისთვის მიკრობიოლოგიური სტანდარტები ევროკომისიის 2005 წლის 15 ნოემბრის (EC) No 2073/2005 რეგლამენტით არის დადგენილი, სურსათის მიკრობიოლოგიური კრიტერიუმების შესახებ დანართში. მიკრობიოლოგიური სტანდარტების გამოყენებისას, ინსპექტორებს სიფრთხილეს ურჩევენ, კერძოდ, მათ უნდა გაითვალისწინონ შემდეგი საკითხები:
- ✔ მიკრობიოლოგიური კრიტერიუმები რუტინულად არ უნდა გამოიყენებოდეს, როგორც ერთადერთი კრიტერიუმი ჯანმრთელობის სერტიფიკატის გაცემისას, თუმცა დაბინძურების მომატებული რისკის არსებობისას, შეიძლება განიხილონ როგორც დამადასტურებელი შემოწმება;
- ✔ მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგების ინტერპრეტაციისას გასათვალისწინებელია ნიმუშის აღების რეჟიმი და პროდუქტის მოხმარების ბოლო ვადა;
- ✔ კვლევის შედეგი თევზის ვარგისიანობის შესახებ გადაწყვეტილების მისაღებად

ინსპექტორისთვის აუცილებელი ინფორმაციის მხოლოდ ერთ ელემენტს იძლევა;

- ✔ მიკრობიოლოგიური კრიტერიუმების ხისტმა გამოყენებამ შესაძლოა ბიძგი მისცეს პროდუქციის აკრალული მეთოდებით დამუშავებას, რათა დაკმაყოფილდეს ეს მიკრობიოლოგიური კრიტერიუმები (მაგალითად, ანტიბაქტერიული დამუშავება).

### ჰისტამინი

ჰისტამინი, ანუ სკომბროტოქსინი აღმოჩენილია თევზის შემდეგ სახეობებში: სკუმბრია, თინუსი, ლურჯი თევზი, აგრეთვე ქაშაყისებრთა გვარი. პროდუქტის მაღალ ტემპერატურაზე გაფუჭებისას წარმოიქმნება ენზიმი, რომელიც თევზში ბუნებრივად არსებულ ამინიომჟავებთან ურთიერთქმედებს და ჰისტამინს წარმოქმნის. სხვადასხვა პროდუქტში ჰისტამინის ზღვრები და პირობები ქვემოთ ცხრილშია მოყვანილი.

| სურსათის კატეგორია | მიკრორგანიზმი/ მათი ტოქსინები, მეტაბოლიტები | ნიმუშის აღების გეგმა (1) | | ზღვრები (2) | | ანალიზის რეფერენ-ტული მეთოდი (3) | სტადია, რომელზეც კრიტერიუმი დგება |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | c | m | M | | |
| ა) თევზპროდუქტი, რომელიც ასოცირებულია ჰისტიდინის მაღალი შემცველობის სახეობებთან (4) | ჰისტამინი | 9 | 2 | 100 მგ/კგ | 200 მგ/კგ | HPLC (5) | ბაზარზე პროდუქტის გატანა ვარგისიანობის ვადის პერიოდში |
| ბ) ჰისტიდინის მაღალი შემცველობის სახეობების თევზპროდუქტები, რომლებიც მარინადში ენზიმურ დამუშავებას დაექვემდებარა | ჰისტამინი | 9 | 2 | 200 მგ/კგ | 400 მგ/კგ | HPLC (5) | ბაზარზე პროდუქტის გატანა ვარგისიანობის ვადის პერიოდში |

(1) n - ნიმუშის რაოდენობა; c - ნიმუშების რაოდენობა, როდესაც შედეგი m-სა და M-ს შორისაა.

(2) ა) და ბ)-თვის m=M.

(3) უნდა გამოიყენონ სტანდარტის ბოლო ვერსია.

(4) Scombridae, Clupeidae, Engraulidae, Coryfenidae, Pomatomidae, Scombresosidae გვარის სახეობების თევზები, ნაწილობრივ.

(5) 1 - Malle, P. and Valle', M., 1996. Assay of biogenic amines involved in fish decomposition. J. AOAC Internat., 1996, 79, 43-49

2 - Duflos G., Dervin C., Malle P., Bouquelet S. Relevance of matrix effect in determination of biogenic amines in plaice (Pleuronectes platessa) and withing (Merlangus merlangus). J. AOAC Internat., 1999, 82, 1097-1101.

### გამოცდების შედეგების ინტერპრეტაცია

მოცემული ზღვრები ყოველ გაზომილ ნიმუშს ეკუთვნის.

ჰისტამინი თევზპროდუქტებში ჰისტიდინის მაღალ შემცველობასთან არის დაკავშირებული:

- დამაკმაყოფილებელია, თუ სრულდება ქვემორე პირობები:

1. მიღებული სიდიდე ≤m

2. c/n სიდიდეთა რაოდენობის მაქსიმუმი m-სა და M-ს შორისაა

3. არცერთი სიდიდე არ აღემატება M-ს

- არადამაკმაყოფილებელი, თუ მიღებული სიდიდე m-ზე მეტია, ან c/n სიდიდეთა უმრავლესობა m-სა და M-ს შორისაა ან ერთი ან მეტი სიდიდე მეტია M-ზე.

## გარემო დამაბინძურებლები

### სახიფათო ნაერთების ზღვრულად დასაშვები ნორმები (MRLs)

EU კანონმდებლობაში EC 470/2009 სურსათში დამაბინძურებლის (კონტამინანტი) ან ნარჩენის მაქსიმალურად დასაშვები ზღვარი გამოისახება ე.წ. ზღვრულად დასაშვები ნორმით (MRL).

ზღვრულად დასაშვები ნორმა განისაზღვრება როგორც "ფარმაკოლოგიურად აქტიური ნაერთის ნარჩენის მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომლის შემცველობაც დასაშვებია ცხოველური წარმოშობის სურსათში". MRL-ს განზომილება არის მგ/კგ ან მკგ/კგ სუფთა წონაზე, ეს არის მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომელიც ევროკავშირის მიერ ოფიციალურად არის სურსათში დაშვებული.

აღსანიშნავია, რომ MRLs ევროკავშირის მომხმარებელთა გათვალისწინებით (საშუალო მოხმარების და ევროპის სურსათის უვნებლობის სააგენტოს მიერ ზე-მოქმედებისა და რისკის შეფასების საფუძველზე) არის დადგენილი და შეიძლება სხვა რეგიონებისათვის არ იყოს მისაღები. სურსათში მავნე ნაერთების ზღვრების საკანონმდებლო წესით დადგენას ყოველთვის თან უნდა ახლდეს რისკის შეფასების მაგალითები მომხმარებელთა ჯგუფების შესწავლის საფუძველზე.

# დიოქსინი

## დიოქსინის საფრთხე

დიოქსინი ქლორშემცველი მომწამლავი ორგანული ნაერთების ერთობლიობაა, რომელსაც ცხიმში ხსნადობის გამო, ადამიანის ორგანიზმში აკუმულირების უნარი გააჩნია. უფრო გავრცელებულია 2,3,4,7,8-ტეტრაქლორდიბენზო-p-დიოქსინი, რომლის აბრევიატურაა TCDD. იზომერი, რომელსაც ქლორი 2,3,7 და/ან 8 პოზიციაში აქვს, ყველაზე ტოქსიკურ იზომერად ითვლება და მაღალი ბიოაკუმულაციის უნარი გააჩნია. დიოქსინი თანაური პროდუქტია და მას სამრეწველო მნიშვნელობა არ გააჩნია. დიოქსინი და სხვა მდგრადი ორგანული დამაბინძურებელი (POPs) სტოკჰოლმის კონვენციით რეგულირდება. შეთანხმების მიხედვით, ხელმომწერ წევრებს ევალებათ გაატარონ ღონისძიებები, რათა შეძლებისდაგვარად თავიდან აიცილონ, ან სადაც ეს შეუძლებელია, მინიმუმამდე დაიყვანონ დიოქსინის ყველა წყარო. ადამიანის მოხმარებისთვის განკუთვნილ სურსათსა და ცხოველთა საკვებში, ევროკავშირი დიოქსინის ზღვრულად დასაშვებ ნორმებს ადგენს.

## ტოქსიკურობის ექვივალენტობა

ბუნებრივ გარემოში დიოქსინის სახელით ცნობილი ნაერთების ჯგუფი ზოგადი ქიმიური სტრუქტურის (კონგენერები) მქონე მრავალი ვარიანტით ან კონფიგურაციითაა წარმოდგენილი. ორგანიზმში მიმდინარე განსხვავებული მეტაბოლური პროცესების გამო, ისინი სხვადასხვა პროპორციით გვხვდება. სხვადასხვა კონგენერი განსხვავებული ტოქსიკურობით ხასიათდება. ნაცვლად კონგენერების არსებული სიისა და ზღვრულად დასაშვები ნორმებისა, დიოქსინების ზღვრების დასადგენად, ევროკავშირი ე.წ. ტოქსიკურობის ექვივალენტობის ფაქტორებს იყენებს. ის ეფუძნება მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მიერ სტოკჰოლმში 1997 წელს გამართული შეხვედრის დასკვნებს და 2006 წლის 19 დეკემბრის კომისიის (EC) № 1883/200637 „ზოგიერთ საკვებ პროდუქტში დიოქსინის და დიოქსინის ტიპის პოლიქლორირებული ბიფენილების (PCBs) ზღვრების ოფიციალური კონტროლის მიზნით ნიმუშის აღებისა და ანალიზის მეთოდების შესახებ" რეგლამენტშია ასახული.

## თევზპროდუქტებში დიოქსინის MRLs

საკვებ პროდუქტებში დიოქსინის ზღვრები 19 დეკემბრის კომისიის (EC) № 1883/200638 „საკვებ პროდუქტში ზოგიერთი დამაბინძურებლის მაქსიმალური ზღვრების დადგენის შესახებ" რეგლამენტითაა დადგენილი. ზღვრები ნაჩვენებია ქვემო

ცხრილში. ზღვრები ასევე ვრცელდება კობოსნაირებზეც (კიბორჩხალას ყავისფერი ხორცის, ლობსტერის თავისა და მკერდის ხორცის, მსგავს დიდ კიბოსნაირთა (Nephropidae და Palinuridae) და თავფეხიანი მოლუსკების (შიგნეულობის გარეშე) გამოკლებით).

| პროდუქტი | დასაშვები ზღვარი | |
|---|---|---|
| | დიოქსინების ჯამი (1) (WHO-PCDD/F-TEQ)* | დიოქსინებისა და დიოქსინების ტიპის PCBs ჯამი (WHO-PCDD/F-TEQ)* |
| თევზის და თევზის პროდუქტების ხორცი, გველთევზას გამოკლებით. ეს ზღვრები ასევე ვრცელდება კიბოსნაირებზეც (კიბორჩხალას ყავისფერი ხორცის, ლობსტერის თავისა და მკერდის ხორცის, მსგავს დიდ კიბოსნაირთა (Nephropidae and Palinuridae) | 4 პკგ/გ ნედლ წონაში | 8 პკგ/გ ნედლ წონაში |
| გველთევზა (Anguilla anguilla) და მათი პროდუქტი | 4 პკგ/გ ნედლ წონაში | 12 პკგ/გ ნედლ წონაში |
| ქონი (თევზის ქონი, თევზის ღვიძლის ქონი და ზღვის სხვა ორგანიზმის ქონი, ადამიანის მოხმარებისთვის განკუთვნილი) | 2 პკგ/გ ქონში | 10 პკგ/გ ქონში |

(1) პოლიქლორირებული დიბენზო-პარა-დიოქსინებისა (PCDDs) და პოლიქლორირებული დიბენზოფურანების (PCDFs) ჯამი გამოსახული მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის (WHO) ტოქსიკურობის ექვივალენტში, WHO-TEFs (ტოქსიკურობის ექვივალენტის ფაქტორები, 1997)

* თევზის კონსერვირებული ღვიძლის შემთხვევაში, ქილის მთელი შიგთავსის დასაშვებ ზღვართან მიმართებით გამოიყენება

http://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996R2406&from=EN

საყურადღებოა, რომ EC-მ უფლებამოსილი სამსახურებისთვის გამოაქვეყნა გზამკვლევები, რომლებიც ადგენენ სამოქმედო წესებს დასაშვები ზღვრების გადაცილების შემთხვევაში.

### ნიმუშის აღება

დიოქსინის ანალიზისთვის გამოსაყენებელი ნიმუშის აღების გეგმა და ანალიზის

მეთოდები მოცემულია 2006 წლის 19 დეკემბრის კომისიის (EC) №1883/2006 „ზოგიერთ საკვებ პროდუქტში დიოქსინის და დიოქსინის ტიპის პოლიქლორირებული ბიფენილების (PCBs) ზღვრების ოფიციალური კონტროლის მიზნით ნიმუშის აღებისა და ანალიზის მეთოდების შესახებ" რეგლამენტში. (EC) 1881/2006 რეგლამენტისა და 2013/711/EC რეკომენდაციის შესრულების მიზნით შემუშავდა ახალი რეგლამენტი EC 589/2014, რომელიც დიოქსინის და დიოქსინის ტიპის პოლიქლორირებული ბიფენილების (PCBs) და არა-დიოქსინის ტიპის (PCBs)-ის ნიმუშების აღებისა და ანალიზის წესებს ადგენს. თუ ლოტი წონიანია, ნიმუშების აღების დისკრეტულობა ქვემო ცხრილშია მოცემული.

| ლოტის წონა (კგ) | ლოტიდან ასაღები ნიმუშის მინიმალური რაოდენობა |
|---|---|
| <50 | 3 |
| 50-დან 500-მდე | 5 |
| >500 | 10 |

თუ ლოტი ცალკეული შეფუთვისგან შედგება, შემდეგ ცხრილში მოცემულია ნიმუშის შესადგენად საჭირო პაკეტების რაოდენობა.

| ლოტში/ქველოტში შეფუთვის ან ერთეულის რაოდენობა | ასაღები შეფუთვის რაოდენობა |
|---|---|
| 1-დან 25-მდე | 1 |
| 26-დან 100-მდე | 5%, სულ ცოტა 2 შეფუთვა ან ერთეული |
| >100 | 5%, მაქსიმუმ 10 შეფუთვა ან ერთეული |

ნიმუშის აღების გზამკვლევი (http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/guidance-sampling%20-whole-fish-with%20 exemples-dec2006.pdf) გამოქვეყნდა ევროკომისიის მიერ. ნიმუშის დამუშავებისა და ანალიზის პირობები (სკრინინგ და რეფერენტული მიდგომებისა და დეტექტირების ზღვრების ჩათვლით) მოცემულია 2006 წლის 19 დეკემბრის კომისიის (EC) № 1883/2006 დანართში.

## მძიმე მეტალები

### მძიმე მეტალებისგან მომავალი საფრთხე

რიგ თევზპროდუქტში მძიმე მეტალების შემცველობა საფრთხეს წარმოადგენს. ისეთი მძიმე მეტალები, როგორიცაა ტყვია, კადმიუმი და ვერცხლისწყალი ბუნებრივ გარემოში გვხვდება. ზოგიერთ რეგიონში მათი შემცველობა ხელოვნური წყაროებიდანაც ივსება.

მეთილირებული ვერცხლისწყალი (ორგანული ვერცხლისწყალი) განსაკუთრე-

ბულ ყურადღებას იმსახურებს  და შესაძლოა თევზსა და ზღვის პროდუქტში ჯამური ვერცხლისწყლის 90%-საც შეადგენდეს. თევზსა და ზღვის პროდუქტში ვერცხლისწყალი გარემოდან (რომელშიც იგი როგორც ბუნებრივად არსებობს) ან დაბინძურების შედეგად ხვდება. დიდი მტაცებელი თევზები ვერცხლისწყალს მთელი სიცოცხლის განმავლობაში აკუმულირებენ. დიდი მტაცებელი სახეობები ხშირად მიგრირებენ და ისეთ წყლებშიც ხვდებიან, სადაც ვერცხლისწყლის ფონური შემცველობა შესაძლოა მაღალი იყოს.

მძიმე მეტალი კუმულაციური ტოქსინია (ანუ ორგანიზმიდან ადვილად არ იდევნება და მასში გროვდება), მისი კონცენტრაცია და ტოქსიკოლოგიური ეფექტი ორგანიზმში ხანგრძლივი მოხვედრის შედეგად იზრდება. ამას ორი ეფექტი გააჩნია. პირველი, ნარჩენების კონცენტრაცია იზრდება საკვებ ჯაჭვში ტროპიზმის მაღალი დონის გამო. თევზის წარმოებაში ეს ნიშნავს დიდი ხნის სიცოცხლისუნარიანი მტაცებლების (როგორიცაა თინუსი, ზვიგენი, ხმალთევზა და ქორჭილა) მიერ მეტალების დიდი რაოდენობით აკუმულირებას. მძიმე მეტალების უმრავლესობა ადამიანის ნერვულ სისტემაზე მოქმედებს - განსაკუთრებით მოწყვლადია ემბრიონები და ბავშვები. გარკვეული ჯგუფისთვის (მაგალითად ორსულობის ალბათობის მქონე, ორსული და მეძუძური ქალები პატარა ბავშვები) დიეტასთან დაკავშირებული რეკომენდაციები შესაძლოა დადგენილი ზღვრების დაცვის მისაღებ ალტერნატივასაც წარმოადგენდეს.

2004 წელს ევროკომისიამ მიმართა ევროპის სურსათის უვნებლობის სააგენტოს (EFSA), განეხილა ევროკავშირის ქვეყნების მონაცემები სურსათში ვერცხლისწყლის შემცველობის შესახებ და პარალელურად დაედგინა დროებითი, ახალი, უფრო დაბალი, დასაშვები კვირის დოზა (PTWI) სხეულის ყოველ კილოგრამზე 1,6 მკგ/კგ ოდენობით, რაც რეკომენდებული იყო გაერთიანებული FAO/WHO სურსათდანამატების კომიტეტის ექსპერტების (JECKA) მიერ 2003 წლის 10-19 ივნისს რომში გამართულ 61-ე სხდომაზე. შედეგად, 2008 წელს ევროკავშირის ”თევზსა და თევზპროდუქტში მეთილ-ვერცხლისწყლის შესახებ” საინფორმაციო ფურცელში

(http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/information_note_mercury-fish_21-04-2008. pdf), ნათქვამია:

„ორსულობის ალბათობის მქონე, ორსულმა და მეძუძურმა ქალებმა საკვებად არ უნდა მიიღონ კვირაში ერთ პატარა პორციაზე (<100გ) მეტი დიდი მტაცებელი თევზი, როგორიცაა: ხმალთევზა, ზვიგენი, მარლინი და ქარიყლაპია. თუ ისინი ამ პორციას მიიღებენ, ამ პერიოდში სხვა თევზი არ უნდა მიიღონ. ამდენად, თინუსი უნდა მიიღონ კვირაში არაუმეტეს ორჯერ. მშობლებმა უნდა იცოდნენ რომ ეს რჩევა პატარა ბავშვებზეც ვრცელდება. მომხმარებელმა ყურადღება უნდა მიაქციოს ეროვნული სამსახურების

რჩევებს ადგილობრივ სპეციფიკასთან მიმართებაში.”

2009 წელს EFSA-მ წარმოადგინა მეცნიერული დასკვნა კადმიუმთან დაკავშირებული რისკის შესახებ. დადგინდა, რომ ამ მეტალს ორსაკნიანი მოლუსკების რეგულარულ მომხმარებელზე ორმაგი ზემოქმედება გააჩნია. გაიცა რეკომენდაცია მოსახლეობაზე კადმიუმის ზემოქმედების შემცირების საჭიროების შესახებ.

თევზპროდუქტებიდან მძიმე მეტალების გამოდევნა შეუძლებელია. მხოლოდ კონტროლის მექანიზმებით არის შესაძლებელი მეტალების ზღვრულად დასაშვებ ნორმაზე მეტი შემცველობის მქონე პროდუქტის მოპოვებისა და მარკეტინგის შეჩერება. მიუხედავად ამისა, დაბინძურების ხარისხი შესაძლოა განსხვავდებოდეს სახეობის, სეზონის (და დიეტის), თევზის ზომისა და რეწვის რეგიონის, აგრეთვე თევზის ნაწილების მიხედვით. იმის გაგება, თუ რა გავლენას ახდენენ ეს ფაქტორები მეტალებით დაბინძურების ხარისხზე, ხშირად შეიძლება რეწვის ეკონომიკური სარგებლის ოპტიმიზაციის მიზნით იქნას გამოყენებული ისე, რომ მომხმარებლის ჯანმრთელობა რისკის ქვეშ არ დადგეს.

**მძიმე მეტალების MRLs**

ევროკავშირის მოთხოვნათა მიხედვით თევზპროდუქტებში მძიმე მეტალებისა და სხვა დამაბინძურებლების ზღვრულად დასაშვები ნორმები (MRLs) 2006 წლის 19 დეკემბრის კომისიის (EC) №1881/2006 „სურსათში ზოგიერთი დამაბინძურებლის დაშვებული ზღვრების დადგენის შესახებ” რეგლამენტშია მოცემული. მოქმედი ზღვრები მოცემულია ქვემოთ ცხრილებში. საყურადღებოა, რომ საკვებად მთლიანი თევზის მიღების შემთხვევაში, ზღვრები მთელ თევზთან მიმართებაში უნდა იქნას გათვალისწინებული.

**თევზპროდუქტებში ტყვიის ზღვრულად დასაშვები ნორმა**

| სუბსტრატი | MRL Pb (მგ/კგ ნედლ წონაში) |
|---|---|
| ნებისმიერი თევზპროდუქტის საკვებად ვარგისი ნაწილი, ქვემოთ მოყბანილი შემთხვევების გარდა | 0.3 |
| კიბოსნაირები, გარდა კიბორჩხალას ყავისფერი ხორცის, ლობსტერის თავისა და მკერდის ხორცის, მსგავს დიდ კიბოსნაირთა (Nephropidae and Palinuridae) | 0.5 |
| ორსაკნიანი მოლუსკები | 1.5 |
| გამოშიგნული თავფეხიანები | 1.0 |

## თევზპროდუქტებში კადმიუმის ზღვრულად დასაშვები ნორმა

| სუბსტრატი | MRL Cd (მგ/კგ ნედლ წონაში) |
|---|---|
| ნებისმიერი თევზპროდუქტის საკვებად ვარგისი ნაწილი, ქვემოთ მოყვანილი შემთხვევების გარდა | 0.05 |
| ქაფშია (Engraulis species)<br>ბონიტო (Sarda sarda)<br>კაპარჭინა (Diplodus vulgaris)<br>გველთევზა (Anguilla anguilla)<br>ნაცრისფერი კეფალი (Mugil labrosus labrosus)<br>სტავრიდა ან სკადი (Trachurus trachurus)<br>Louvar or luvar (Luvarus imperialis)<br>სარდინი (Sardina pilchardus)<br>Sardinops (Sardinops species)<br>თინუსი<br>Tuna (Thunnus and Euthynnus species, Katsuwomis pelamis)<br>Wedge sole (Dicologoglossa cuneata) | 0.1 |
| თინუსის კუნთის ხორცი (Auxis species) | 0.2 |
| კუნთის ხორცი:<br>ქაფშია (Engraulis species)<br>ხმალთევზა (Xiphias gladius) | 0.3 |
| კიბოსნაირები, გარდა კიბორჩხალას ყავისფერი ხორცის, ლობსტერის თავისა და მკერდის ხორცის, მსგავს დიდ კიბოსნაირთა (Nephropidae and Palinuridae) | 0.5 |
| ორსაკნიანი მოლუსკები | 1.0 |
| გამოშიგნული თავფეხიანები | 1.0 |

**თევზპროდუქტებში ვერცხლისწყლის ზღვრულად დასაშვები ნორმა**

| სუბსტრატი | MRL Cd (მგ/კგ ნედლ წონაში) |
|---|---|
| ნებისმიერი თევზპროდუქტის საკვებად ვარგისი ნაწილი, ქვემოთ მოყვანილი შემთხვევების გარდა. კიბოსნაირების, გარდა კიბორჩხალას ყავისფერი ხორცის, ლობსტერის თავისა და მკერდის ხორცის, მსგავს დიდ კიბოსნაირთა (Nephropidae and Palinuridae) | 0.5 |
| Anglerfish (Lophius species)<br>ატლანტიკური ლოქო ( Anarhichas lupus)<br>Bonito ( Sarda sarda)<br>გველთევზა (Anguilla species)<br>იმპერატორი (Hoplostethus atlanticus)<br>გრენადერი (Coryphaenoides rupestris)<br>პალტუსი (Hippoglossus hippoglossus)<br>მარლინი (Makaira species)<br>Megrim (Lepidorhombus spp.)<br>კეფალი (Mullus spp.)<br>ქარიყლაპია (Esox lucius)<br>ჩვეულებრივი სკუმბრია (Orcynopsis unicolor)<br>Poor cod (Tricopterus minutes)<br>პორტუგალიური ზვიგენი (Centroscymnes coelolepis)<br>სხივები (Raja species)<br>წითელი თევზი (Sebastes marinus, S. mentella, S. viviparus)<br>Sail fish (Istiophorus platypterus)<br>Scabbard fish (Lepidopus caudatus, Aphanopus carbo)<br>კაპარჭინა, პანდორა (Pagellus spp)<br>ზვიგენი (ყველა სახეობა)<br>Snake mackerel or butterfish (Lepidocybium flavobrunneum, Ruvettus pretiosus, Gempylus serpens)<br>ზუთხი (Acipenser species)<br>ხმალთევზა (Xiphias gladius)<br>თინუსი (Thunnus species and Euthynnus species) | 1.0 |

**თევზპროდუქტებში კალის ზღვრულად დასაშვები ნორმა**

| სუბსტრატი | MRL Cd (მგ/კგ ნედლ წონაში) |
|---|---|
| ყველა ტიპის კონსერვი, გარდა სასმელებისა | 200 |

2007 წლის 28 მარტის კომისიის (EC) №333/2007 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0333&from=EN რეგლამენტი „სურსათში ტყვიის, კადმიუმის, ვერცხლისწყლის, არაორგანული კალის, 3-MCPD და ბენზო(a) პირენის ოფიციალური კონტროლისთვის ნიმუშების აღებისა და ანალიზის მეთოდების განსაზღვრის შესახებ" ადგენს ნიმუშის აღების მოთხოვნებისა და ზემოხსენებული ლითონების ანალიზის მეთოდების სამოქმედო კრიტერიუმებს (აღმოჩენის ზღვარისა და განსაზღვრის ზღვარის გათვალისწინებით).

### ბენზაპირენი შებოლილ თევზში

შებოლვა გამოშრობის, კვამლისა და ხის მასალის დაწვის შედეგად წარმოქმნილი ნაწილაკების ანტიბაქტერიული ეფექტის წყალობით ინახავს ამ პროდუქტს. თუმცა, პროცესში ჩართული მრავალი ორგანული ნაერთი კანცეროგენს წარმოადგენს. ხის მასალის დაწვის შედეგად მიღებული შესაბოლი კვამლი შესაძლოა ასეთ ნაერთებს შეიცავდეს. ერთ-ერთი მათგანი არის ბენზო(a)პირენი, რომელიც კანცეროგენული, პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების წარმოქმნის მარკერია. მომხმარებელთა დაცვის მიზნით ევროკავშირმა სხვადასხვა სურსათში, მათ შორის თევზპროდუქტში, დასაშვები ზღვრები დაადგინა. ღონისძიებები 2006 წლის 19 დეკემბრის კომისიის (EC) № 1881/2006 "სურსათში ზოგიერთი დამაბინძურებლის დაშვებული ზღვრების დადგენის შესახებ" რეგლამენტშია მოცემული (აჯამულია ქვემოთ ცხრილში).

### თევზპროდუქტებში ბენზაპირენის დასაშვები ზღვრები

| EU რეგლა-მენტის პარაგრაფი | პროდუქტი | დასაშვები ზღვრები (მკგ/კგ ნედლ წონაში) |
|---|---|---|
| 6.1.3 | შებოლილი თევზისა და თევზპროდუქტის კუნთის ხორცი, გარდა ორსაკნიანი მოლუსკებისა. კიბოსნაირები, გარდა კიბორჩხალას ყავისფერი ხორცის, ლობსტერის თავისა და მკერდის ხორცის, მსგავს დიდ კიბოსნაირთა (Nephropidae and Palinuridae) | 5.0 |
| 6.1.4 | თევზის კუნთის ხორცი, გარდა შებოლილი თევზისა | 2.0 |
| 6.1.5 | კიბოსნაირები, თავფეხიანები, გარდა შებოლილისა. კიბოსნაირები, გარდა კიბორჩხალას ყავისფერი ხორცის, ლობსტერის თავისა და მკერდის ხორცის, მსგავს დიდ კიბოსნაირთა (Nephropidae and Palinuridae) | 5.0 |
| 6.1.6 | ორსაკნიანი მოლუსკები | 10.0 |

ბენზაპირენის დასადგენად ნიმუშის აღების მეთოდები, ნიმუშის დამუშავება და მომზადება და საანალიზო მეთოდების კრიტერიუმები 2007 წლის 28 მარტის კომისიის (EC) № 333/2007 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0333&from=EN "სურსათში ტყვიის, კადმიუმის, ვერცხლისწყლის, არაორგანული კალის, 3-MCPD და ბენზო(a)პირენის ოფიციალური კონტროლისთვის ნიმუშების აღებისა და ანალიზის მეთოდების განსაზღვრის შესახებ" რეგლამენტშია მოცემული.

### ვეტერინარული პრეპარატების ნარჩენები

### ნარჩენების კონტროლის სისტემა

ვეტერინარული პრეპარატების კონტროლის სისტემის დანიშნულებაა:

- ✔ არ დაუშვას არასანქცირებული ან აკრძალული ვეტპრეპარატების გამოყენება;
- ✔ უზრუნველყოს ნებადართული პრეპარატების გამოყენება ისე, რომ მათი ნარჩენი რაოდენობა ცხოველური წარმოშობის პროდუქტში დაშვებულ ზღვარს არ აღემატებოდეს.

კონტროლის სისტემამ ვეტპრეპარატების მარეგულირებელ ჩარჩოში რიგი ძირითადი თავისებურებების ასახვა უნდა უზრუნველყოს:

- ✔ ნებართვისა და ვეტპრეპარატების კლასიფიკაციის პროცედურები პოზიტიური (ნებადართული) და ნეგატიური (აკრძალული) სიების შესაბამისად;
- ✔ იმპორტის, წარმოებისა და კონტროლირებადი პრეპარატების დისტრიბუციის მონიტორინგი;
- ✔ ზოგიერთი პრეპარატის დანიშვნისა და გამოყენების კონტროლი (მაგ. ვეტერინარის მეთვალყურეობის ქვეშ);
- ✔ ფერმებში შენახვისა და მარაგების კონტროლი;
- ✔ ფერმებში პრეპარატების აღრიცხვა;
- ✔ პრეპარატით დამუშავებული და დაუმუშავებელი ცხოველების განცალკევება;
- ✔ პრეპარატით დამუშავებული ცხოველების განცალკევება რეწვის წინ ორგანიზმიდან პრეპარატის გამოყვანის პერიოდით;
- ✔ საინფორმაციო და საკომუნიკაციო მოთხოვნები გაყიდული ცხოველების შესახებ ორგანიზმიდან პრეპარატის გამოყვანის პერიოდში.

მოშენებული ცხოველების პროდუქციის ევროკავშირში ექსპორტიორ მესამე ქვეყნებს კომისია სპეციალური გზამკვლევებით უზრუნველყოფს.

### ნებადართული და აკრძალული პრეპარატები

ნებადართული და აკრძალული პრეპარატების ნუსხისა და გამოყენების პირობების დამდგენი EU წესები 2009 წლის ბოლოს გადაიხედა. კომისიის 2377/90 ”ცხოველური წარმოშობის სურსათში ვეტპრეპარატების ნარჩენების დასაშვები ზღვრების დადგენის თანამეგობრობის პროცედურების შესახებ” რეგლამენტის დანართები გაუქმდა და 2009 წლის 22 დეკემბრის კომისიის (EC) № 37/2010 http://ec.europa.eu/health/files/eudralex/vol-5/reg_2010_37/reg_2010_37_en.pdf ”ფარმაკოლოგიურად აქტიური ნაერთებისა და ცხოველური წარმოშობის სურსათში ნარჩენების დასაშვები ზღვრების კლასიფიკაციის შესახებ” რეგლამენტით ჩანაცვლდა.

ცხრილში მოყვანილია ნებადართული პრეპარატების ნუსხა. ეს არის ცხოველებში გამოსაყენებლად დაშვებული ვეტერინარული პრეპარატების სია (EC 37/2010-ის I ცხრილი) რომლებიც აკვაკულტურის წარმოებაში გამოიყენება.

### საკვებად გამოსადეგ ცხოველებში ვეტპრეპარატებად დაშვებული ნივთიერებების ნუსხა

| ნაერთი | MRL |
|---|---|
| ამოქსიცილინი | 50 მკგ/კგ |
| ამპიცილინი | 50 მკგ/კგ |
| ქლორტეტრაციკლინი | 100 მკგ/კგ |
| ციპერმეტრინი (Salmonidae) | 50 მკგ/კგ |
| დიფლუბენზურონი (Salmonidae) | 1000 მკგ/კგ |
| ფლუმექინი (ფარფლებში) | 600 მკგ/კგ |
| ფლუმექინი (კალმახში) | 500 მკგ/კგ* |
| ფლუმექინი (სხვა ყველა საკვებად გამოსადეგ სახეობაში) | 200 მკგ/კგ |
| ოქსოლინის მჟავა | 100 მკგ/კგ |
| ოქსიტეტრაციკლინი | 100 მკგ/კგ |
| სარაფლოქსაცინი | 30 მკგ/კგ |
| სულფონამიდები | 100 მკგ/კგ |
| ტეფლუბენზურონი (Salmonidae) | 500 მკგ/კგ |
| ტეტრაციკლინი (თევზში) | 200 მკგ/კგ* |
| ტრიმეთროპრიმი | 50 მკგ/კგ |

* Codex Alimentarius-ის განახლება სურსათში ვეტპრეპარატების დასაშვები ზღვრებისთვის http://www.codexalimentarius.net/vetdrugs/data/MRL2_e_2012.pdf

გარდა ამისა, არსებობს ფარმაკოლოგიურად აქტიური ნაერთები, რომელთა დასაშვები ზღვრების დადგენა შეუძლებელია. ისინი აკრძალული ნაერთების ნეგატიურ ნუსხაშია შეტანილი (EC 37/2010-ის II ცხრილი), რომლებიც საკვებად გამოსაყენებელ ცხოველებში არ გამოიყენება (მაგრამ შესაძლოა გამოიყენონ სხვა ცხოველებში). ეს ნაერთებია:

- ✔ Aristolochia SPP.
- ✔ ქლორამფენიკოლი და მისი წარმოებულები, მაგ თიამფენიკოლი (TAF)
- ✔ ქლოროფორმი
- ✔ ქლორპრომაზინი
- ✔ კოლხიცინი
- ✔ დაფსონი
- ✔ დიმეტრიდაზოლი
- ✔ მეტრონიდაზოლი
- ✔ ნიტროფურანები (ფურაზოლიდონის ჩათვლით)
- ✔ რონიდაზოლი

ამას გარდა, ევროკავშირში რიგი სხვა პრეპარატებიც არის აკრძალული, რომლებიც EC 37/2010-ის II ცხრილში შეტანილი არ არის. მაგალითად მალაქიტის ლურჯი (გამოიყენება თევზის სოკოვანი დაავადებების წინააღმდეგ). აკრძალული ნაერთები მოიცავენ ასევ ზრდის ჰორმონებს (მიუხედავად იმისა, რომ რიგ შემთხვევებში ზოგიერთი ზრდის ჰორმონი სამკურნალო დანიშნულებით გამოიყენება).

სურსათში ვეტერინარული პრეპარატების ნარჩენების დაშვებული ზღვრების შესახებ ინფორმაციის სხვა წყარო არის Codex Alimentarius Commission-ის დოკუმენტი ”Codex Alimentarius-ის სურსათში ვეტპრეპარატების ზღვრულად დასაშვები ნორმების შესახებ49”. ამ დოკუმენტში შესაძლებელია რეგულარული განახლებების გაცნობა. ასევე იხილეთ *„Guidelines For The Design And Implementation Of National Regulatory Food Safety Assurance Programme Associated With The Use Of Veterinary Drugs In Food Producing Animals” (CAC/GL 71-2009) კოდექსი იხ. აქ http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/CRC/CAC-GL%2071-2009.pdf*

ცხოველური წარმოშობის სურსათში ამ პრეპარატების ნარჩენების ანალიზის ჩამტარებელი წევრი ქვეყნების ლაბორატორიების საანალიზო პოტენციალის ჰარმონიზაციის მიზნით, ევროკომისიამ ეფექტურობის მინიმალურად აუცილებელი ზღვრები (MRPLs) შეიმუშავა. ისინი 2002 წლის 14 აგვისტოს ევროკომისიის *2002/657/EC http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D0657&fro*

*m=EN „implementing Council Directive 96/23/EC concerning the performance of analytical methods and the interpretation of results”* (რომელშიც კომისიის 2004/25/EC გადაწყვეტილებით ცვლილებებია შეტანილი) გადაწყვეტილებითაა დადგენილი, მაგალითად, აკვაკულტურის პროდუქტში მალაქიტის ლურჯის და ლეიკომალაქიტის ლურჯის განსაზღვრის მეთოდების გამოყენებისას, შესაძლებელი უნდა იყოს MRPL – 2 მკგ/კგ (2 ppb) აღმოჩენა.

## წყალი

### ზოგადი მოთხოვნები

თევზჭერიდან მოყოლებული თევზი მუდმივ კონტაქტშია წყალთან. წყალი გამოიყენება გემის ბორტზე თევზის გასარეცხად, გადმოტვირთვისას და გადამუშავების პროცესში. წყალი შესაძლოა მისი მოსარკვლის მიზნით საბოლოო პროდუქტსაც დაემატოს. ამდენად, შეიძლება წყალი თევზპროდუქტების დაბინძურების მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენდეს. 853/2004 რეგლამენტი ამბობს: „თუ თევზი გემის ბორტზე ირეცხება, უნდა გამოიყენონ სასმელი, ან სადაც დასაშვებია სუფთა წყალი”, ხოლო „ყინული უნდა დამზადდეს სასმელი ან სუფთა წყლისგან”.

### სასმელი და სუფთა წყლის განსაზღვრება

851/2004 რეგლამენტში სუფთა წყალი განისაზღვრება როგორც ზღვის სუფთა წყალი ან სუფთა მტკნარი წყალი. სხვა პირობებში უნდა გამოიყენონ სასმელი წყალი, რომელიც წყლის ხარისხის შესახებ კომისიის 1998 წლის 3 ნოემბრის 98/83/EC დირექტივის მიხედვით განისაზღვრება როგორც „ადამიანის მოხმარებისთვის განკუთვნილი წყალი”, რაც ნიშნავს:

a) პირვანდელ ან დამუშავებისშემდგომ მდგომარეობაში, სასმელად, მოსახარშად, საკვების მოსამზადებლად ან საშინაო მიზნებისთვის განკუთვნილი ყველანაირი წყალი, იმის მიუხედავად რომელი წყაროდანაა: წყალმომარაგების ქსელიდან, ცისტერნიდან, ბოთლის თუ სხვა;

b) ადამიანის მოხმარებისთვის განკუთვნილი პროდუქტების ან კომპონენტების წარმოებისას, გადამუშავებისას, შენახვისას ან გასაღებისას გამოყენებული ყველანაირი წყალი, თუ უფლებამოსილი სამსახური ადგენს, რომ წყლის ხარისხი მზა პროდუქციის უვნებლობაზე გავლენას არ ახდენს.

### წყლის ხარისხის დირექტივა 98/83/EC

უნდა დაიცვან 98/83/EC დირექტივის მოთხოვნებით დადგენილი სტანდარტები:

- ✔ შესაბამისობის პარამეტრები (დანართი I)
- ✔ მონიტორინგის მოთხოვნები (დანართი II) ნიმუშის აღებისა და აღების სიხშირის პროცედურების ჩათვლით
- ✔ ანალიზის მახასიათებლები და კრიტერიუმები (დანართი III).

წყლის მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოება ქლორირებით კონტროლდება. მიუხედავად იმისა, რომ ამ საკითხზე კანონმდებლობა არ არის დაკონკრეტებული, წყაროს ქლორირების გარეშე სასმელი წყლის უსაფრთხოების დაცვა რთული იქნებოდა.

ჰიპოქლორიდის ($HOCl^-$) იონის სახით თავისუფალი ქლორის არსებობა და წყალთან სათანადო კონტაქტი, პათოგენური ბაქტერიებისა და მათი სპორების გაუვნებლებას უზრუნველყოფს. ამიტომ, მოსახლეობისთვის წყლის ყველა პასუხისმგებელი მიმწოდებელი ახორციელებს წყლის ქლორირებას, რათა დამუშავების წერტილიდან მოხმარების წერტილამდე წყლის დაბინძურება თავიდან აიცილოს (ანუ გამანაწილებელ ქსელში).

ამდენად, ინსპექტორი უნდა ენდოს თავისუფალი ქლორის ტესტს, როგორც თევზის გადამამუშავებელ საწარმოში წყალმომარაგების მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოების რუტინულ ინდიკატორს. მიკრობიოლოგიური ტესტი უნდა ჩატარდეს პერიოდული (მაგალითად, 6 თვეში ერთხელ) გადამოწმების მიზნით. თუ წყარო ქლორირებული არ არის, ნიმუშების აღება და მიკრობიოლოგიური ანალიზი უფრო ხშირად უნდა ტარდებოდეს.

### ქლორის შემცველობის შემოწმების მეთოდები

ქლორის შემცველობა ლაბორატორიაში მოწმდება. თუმცა DPD (დიეთილ-p-ფენილ-დიამინის) კოლორიმეტრული შედარების მეთოდზე დაფუძნებული, სწრაფი საველე ტესტიც ადექვატური გადაწყვეტილებაა და ყოველი ინსპექტორის საველე აღჭურვილობის ნაწილს წარმოადგენს.

### შედეგების ინტერპრეტაცია

ისმის კითხვა - თუ რამდენი ჰიპოქლორიდი უნდა დაემატოს წყალს. პასუხი - რაოდენობა საკმარისი უნდა იყოს წყალში არსებულ ორგანულ ნაერთებთან (მათ შორის ბაქტერიები) ურთიერთქმედების და თავისუფალი $HOCl^-$-ის იმ დოზით შესანარჩუნებლად,

რომ მოხმარების სისტემამდე ნებისმიერი დაბინძურების წარმოქმნას ხელი შეუშალოს. ამდენად, საწყისი ქლორის რაოდენობა წყლის დაბინძურების ხარისხზეა დამოკიდებული.

თუ მოხმარების წერტილამდე დაბინძურების სხვა დამატებითი წყარო არ არსებობს, უსაფრთხოების დადგენილი მარჟა საკმაოდ დაბალია (<0.5 ppm). თუ დაბინძურების რისკი მაღალი ან ცვალებადია, უსაფრთხოების მარჟა უფრო მაღალი უნდა იყოს. სათანადო შემცველობა ექსპერიმენტულად უნდა დადგინდეს.

იმ პირობით რომ მოხმარების წერტილში თავისუფალი ქლორის დონის დადგენა შეიძლება და დამუშავებისას საკონტაქტო დრო (მინიმუმ 30 წუთი) საკმარისი იყო, წყლის წყარო შეიძლება მიკრობიოლოგიურად უსაფრთხოდ ჩაითვალოს.

### ქლორის, როგორს სადეზინფექციო ნაერთის გამოყენების წესები

ქარხნის და დანადგარების დეზინფექციისთვის ხშირად ჰიპოქლორიდის უფრო მაღალი კონცენტრაცია (როგორც წესი, 50 ppm ან მეტი) გამოიყენება. ინსპექტორმა უნდა იცოდეს, რომ ზოგიერთი მეწარმე ჰიპოქლორიდით თევზპროდუქტების დეზინფექციას ცდილობს.

ბაქტერიული დაბინძურების შესამცირებლად ეს მეთოდი არაეფექტურია და შესაძლოა პროდუქტში მავნე ქლორამინების შემცველობის ზრდა გამოიწვიოს. უმრავლეს ქვეყანაში თევზპროდუქტების დამუშავების ასეთი მეთოდი დაშვებული არ არის. ინსპექტორი ფხიზლად უნდა იყოს, რათა ასეთი მეთოდების გამოყენების შემთხვევები არ გამოეპაროს.

### პარამეტრები

ქვემოთ ცხრილში მოყვანილია პარამეტრების სპექტრი რომელთა ლაბორატორიული რაოდენობრივი ანალიზიც თევზპროდუქტებში და მათ საარსებო გარემოში უნდა განხორციელდეს, აგრეთვე დასახელებულია საანალიზო ტექნიკა რომლითაც ესა თუ ის პარამეტრი ისაზღვრება და ასევე მოცემულია ანალიზის ოფიციალური მეთოდების დასახელება და წყარო კონკრეტული პარამეტრისთვის კონკრეტული ტექნიკით განსაზღვრის მიზნით.

| N | ანალიზის დასახელება | ანალიზის ტექნიკა | ანალიზის ოფიციალური მეთოდი |
|---|---|---|---|
| 1 | დიოქსინი, პოლიქლორირებული ბიფენილები | HRGC/HRMS | EPA 1613 |
| 2 | პესტიციდები | GC/MS<br>LC/MS/MS | EN 1528-1,2,3,4:1997<br>EN 15637:2008 |
| 3 | ჰისტამინი | ფლუორიმეტრია<br>HPLC | AOAC 977.13<br>n/a |
| 4 | TVB-N | ტიტრიმეტრია | EC 2074/2005 |
| 5 | ბენზაპირენი და სხვა პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები | LC-Fl<br>GC/MS | ISO 22959:2009<br>n/a |
| 6 | მძიმე მეტალები (Cd, Pb, Hg, As, და ა.შ.) | ICP/MS | EN 15765/2010 |
| 7 | ანტიბიოტიკები (ნიტროფურანები, ქლორამფენიკოლი, და ა.შ.) | LC/MS/MS | n/a |
| 8 | სტეროიდები | GC/MS/MS ან LC/MS/MS | n/a |
| 9 | საკვებდანამატები - კონსერვანტები (ბენზოის მჟავა, სორბატები, ბორატები, ა.შ) | HPLC-UV | ISO 9231:2008 |
| 10 | საკვებდანამატები - სინთეზური საღებავები (ტარტრაზინი, ამარანტი, პონჩო 4R და ა.შ.) | HPLC-DAD | n/a |
| 11 | საკვებდანამატები: დამატკბობლები (აცესულფამი K, ასპარტამი, საქარინი) | HPLC-UV | CEN/TS 15606:2009 |

თავი 1

# შრომის უსაფრთხოება თევზისა და ზღვის პროდუქტების ლაბორატორიული კვლევისთვის

ამ თავის შესწავლის შემდეგ პირს შეეძლება: თევზისა და ზღვის პროდუქტების ლაბორატორიის შრომის უსაფრთხოების წესების აღწერა; ლაბორატორიულ მოწყობილობებსა და მსხვრევად მასალასთან მუშაობის უსაფრთხოებისა და ხანძარსაწინააღმდეგო უსაფრთხოების წესების, სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნების დაცვა.

## შესავალი

თანამედროვე განათლების მიზანია, სტუდენტმა შეძლოს ქიმიურ ლაბორატორიაში უსაფრთხოდ მუშაობა, რითაც უზრუნველყოფს როგორც საკუთარ, ასევე სხვის უსაფრთხოებას. ამასთან ერთად, არსებობს გარკვეული პასუხისმგებლობა სხვა ადამიანებისა და გარემოს მიმართ, რის გამოც ყველა სტუდენტმა უნდა დაიცვას ქიმიურ რეაქტივებთან უსაფრთხოდ მუშაობის წესები და ინსტრუქციები.

თანამედროვე ქიმია ითვალისწინებს ეკოლოგიურ მოთხოვნებს. შეძლებისდაგვარად უნდა შემცირდეს სარეაქციო ნარჩენების რაოდენობა და ამით მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი ქიმიური ნივთიერებების მიერ მიყენებული ზარალი,

სტატისტიკის მიხედვით, ექსპერიმენტის დროს უბედური შემთხვევების მხოლოდ მცირე ნაწილი ხდება ტექნიკური გაუმართაობის გამო. შემთხვევების დაახლოებით 80%-ის მიზეზია ადამიანი, ამასთან მნიშვნელოვან როლს თამაშობს გამოყენებულ ნივთიერებათა თვისებების და ჩასატარებელი რეაქციის ბუნების შესახებ დაბალი ცოდნა. ხშირად უბედურ შემთხვევამდე მივყავართ იმას, რომ ადამიანებმა არ იციან როგორ იმუშაონ მავნე ნივთიერებებთან, იყენებენ პოტენციურად სახიფათო მეთოდებს და უგულებელყოფენ უსაფრთხოების წესებს.

## ლაბორატორიულ მოწყობილობებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესები

→ **ლაბორატორიის თანამშრომელმა უნდა იცოდეს:**

- ლაბორატორიაში არსებული ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობების ნუსხა;
- ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორებით (წნევა, ტემპერატურა) გამოწვეული საფრთხეები;
- ლაბორატორიაში არსებული ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობების მუშაობის ზოგადი პრინციპები;
- გათბობის, ვენტილაციის და კონდიცირების მოწყობილობების მუშაობის პრინციპები;
- ლაბორატორიის შინაგანაწესი;
- მოწყობილობებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესები.

→ **ლაბორატორიაში სავალდებულოა შესრულდეს:**

- ყველა სახეობის დანადგარისა და მოწყობილობის ექსპლუატაციის ინსტრუქციის შემუშავება და სამუშაო ადგილთან გაკვრა;
- დანადგარისა და მოწყობილობის ექსპლუატაციისას, ტექნიკური პასპორტით დადგენილი მოხმარების წესების ზედმიწევნით დაცვა;
- ინსტრუქციით გათვალისწინებული დამიწების უზრუნველყოფა;
- მაღალ ტემპერატურამდე გაცხელების ზედაპირების მქონე ელექტროდანადგარების თერმოიზოლირებულ ზედაპირებზე განთავსება.

→ **ელექტროხელსაწყოებით უსაფრთხოდ მუშაობის წესები**

- ელექტროდენისგან დამცავი საშუალებების გამოყენება;
- ინსტრუქციის შესაბამისად ელექტროდანადგარების განლაგება მუშაკებისა და ერთმანეთის მიმართ;
- ელექტროინსტრუმენტების დამიწებაზე შემოწმება;
- გარეშე პირების ჩართულობის გამორიცხვა;
- ინდივიდუალური საშუალებების გამოყენება ელექტროხელსაწყოების ექსპლუატაციის წესების შესაბამისად.

→ **ელექტროხელსაწყოებთან მუშაობისას სავალდებულოა:**

- ელექტროდანადგარების შემოწმება თვეში ერთხელ. განსაკუთრებული ყურადღება დღე-ღამის რეჟიმში მომუშავე ელექტროდანადგარებს უნდა მიექცეს;
- სუნის, კვამლის, ელექტროხელსაწყოს მუშაობისას, ხმის ცვლილების, კვების კაბელების იზოლაციის დაზიანების, სხვა მექანიკური დაზიანებისა და ა.შ. შემთხვევებში, ხელსაწყოს გათიშვა და შემოწმებისა და რემონტის ჩატარებამდე მისი ჩართვის დაუშვებლობა;
- ელექტროდანადგარების მოვლა-გასუფთავება მხოლოდ მათი ქსელიდან გამორთვის შემდეგ;
- დაზიანებული ელექტროდანადგარების რემონტი მხოლოდ პროფესიონალი და სპეციალური ნებართვის მქონე პერსონალის მიერ;
- ელექტროტრავმატიზმის თავიდან ასაცილებლად, გაუმართავი დანადგარებისა და მოწყობილობების ექსპლუატაციის, ელექტროქსელის გადატვირთვის, ქსელში ჩართული აპარატურის გადაადგილების, ჩართული აპარატურის უმეთვალყურეოდ დატოვების, დენის ღია წყაროებთან მუშაობისა და მათთან შეხების დაუშვებლობა;

- ელექტროენერგიის ავარიული გათიშვის შემთხვევაში, თუ სისტემა ავტომატურად არ არის მიერთებული დენის ალტერნატიულ წყაროებზე, ელექტრო-დანადგარების მეყსეულად გამორთვა ქსელიდან.

## ფეთქებადსაშიშ, აალებად და მსხვრევად მასალასთან უსაფრთხოდ მუშაობის წესები

### → ლაბორატორიაში არსებული ფეთქებადსაშიში, აალებადი და მსხვრევადი მასალების ნუსხა

ლაბორატორიაში უნდა არსებობდეს თანამშრომელთა ჯანმრთელობისთვის სახიფათო მასალების, კერძოდ ფეთქებადსაშიში, აალებადი და მსხვრევადი მასალების ნუსხა, სადაც მიეთითება, თუ რა პოტენციურ საფრთხეს მოიცავს თითოეული მასალა.

ლაბორატორიებში ფეთქებადსაშიშ მასალებს უმეტესად წარმოადგენენ შეჭმუხნული და გათხევადებული აირი (აირ-ბალონები), ვაკუუმ-დანადგარი (ვაკუუმ–ამაორთქლებელი, ავტოკლავი და სხვა), კომპრესორი.

ადვილად აალებადი მასალა შესაძლოა იყოს სხვადასხვა სახის ქიმიური ნაერთი, რომლებიც გამოიყენება რეაქტივის სახით ან შეიძლება წარმოიქმნას ლაბორატორიული საქმიანობის პროცესში.

ნებისმიერ ქიმიურ ლაბორატორიაში უხვად არის მსხვრევადი მასალა (ქიმიური ჭურჭელი: ჭიქა, კოლბა, ბოთლი, ლამბაქი, წკირი, სხვადასხვა მილაკი, გადამყვანი და ა.შ.), რომელთა უმრავლესობა დამზადებულია სხვადასხვა ხარისხისა და სიმტკიცის მქონე მინის, კვარცისა ან პლასტიკატისგან.

ლაბორატორიაში არსებულ ფეთქებადსაშიშ, აალებად და მსხვრევად მასალებს მითითებული უნდა ჰქონდეს შესაბამისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, რაც უნდა გაითვალისწინონ მათი გამოყენებისას.

### → ლაბორატორიაში არსებული ფეთქებადსაშიში, აალებადი და მსხვრევადი მასალების გამოყენების პირობები

ლაბორატორიაში დადგენილი უნდა იყოს სახიფათო მასალების გამოყენებაზე პასუხისმგებელი პერსონალის ვინაობა, რომელიც კარგად უნდა ერკვეოდეს მასალის თავისებურებაში, დეტალურად ეცნობოდეს მასალის მწარმოებლის მიერ მოწოდებულ ინსტრუქციებს, მასალის მოხმარების პროცესში ითვალისწინებდეს შესაბამისი მასალის გამოყენების პირობების შესახებ მითითებებს. ეს პირობები ძირითადად მოიცავს: გარემოს ტემპერატურულ რეჟიმს, წნევას, ტენიანობას, ვენტილაციას, სხვა

სათავსოებისგან იზოლაციას, თერმოგამძლე და მექანიკური დაზიანებებისადმი მედეგი მასალების გამოყენებას, ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გამოყენებას (სათვალე, ხელთათმანი, აირწინაღი, წინსაფარი და ა.შ.).

### → ლაბორატორიაში არსებული ფეთქებადსაშიში, აალებადი და მსხვრევადი მასალების შენახვის პირობები

ფეთქებადსაშიში და ადვილად აალებადი მასალა უნდა ინახებოდეს ლაბორატორიის სპეციალურად გამოყოფილ ცეცხლგამძლე სათავსოში, ხოლო მათი მარაგები – ლაბორატორიისგან მოშორებულ შენობაში ან იზოლირებულ და კარგად ვენტილირებულ სარდაფში. ეს ადგილები კარგად უნდა იყოს ჩაკეტილი და სათანადოდ მონიშნული. სათავსოს უნდა გააჩნდეს სათანადო ვენტილაცია.

ლაბორატორიაში გამოყენებული განსაკუთრებით საშიში ფეთქებადი და აალებადი მასალა უმეტესად წარმოდგენილია შეჭმუხნული და გათხევადებული აირების სახით, რომლებიც მოთავსებულია სპეციალურ კონტეინერებში, ე.წ. აირ–ბალონებში. აირ–ბალონებთან მოპყრობისა და მათი შენახვის დროს გასათვალისწინებელია შემდეგი ფაქტორები:

- ოთახებს, სადაც ფეთქებადი და აალებადი აირების ბალონები გამოიყენება და/ან ინახება, კარზე უნდა ჰქონდეს გამაფრთხილებელი ნიშანი;
- თითოეული აირ–ბალონი უნდა იყოს სწორად მარკირებული (შიგთავსის მითითებით და შესაბამისი ფერადი კოდით მონიშნული);
- აირ–ბალონები მისი სიმაღლის 2/3-ის ნიშნულზე უნდა იყოს მიმაგრებული (მაგალითად, ჯაჭვით) კედელზე ან მყარ მაგიდაზე, რათა შემთხვევით არ გადაადგილდეს;
- ფეთქებადსაშიში და აალებადი მასალები არ უნდა მოთავსდეს რაიმე სახის სითბოს წყაროს სიახლოვეს (მაგალითად: რადიატორთან, ღია ალთან, მზის გულზე და ა.შ.);
- უნდა გაითვალისწინონ კონკრეტული მასალის გამოყენების ინსტრუქციაზე მითითებული სპეციფიური შენახვის პირობები (ასეთის არსებობის შემთხვევაში);
- ზოგადად, ფეთქებადსაშიში და ადვილად აალებადი მასალები უნდა იყოს სათანადოდ ნიშანდებული და აღრიცხული პასუხისმგებელი პერსონალის მიერ.

მსხვრევად მასალას ინახავენ სპეციალურად გამოყოფილ სათავსოსა ან კარადაში. უმჯობესია კონკრეტული მსხვრევადი ნივთი (მაგალითად: თერმომეტრი) ჯერ მოთავსდეს მისთვის განკუთვნილ ყუთში, რომელიც შემდეგ უსაფრთხოდ განთავსდება თაროზე ან კარადაში. სასურველია ერთი სახის (ზომის, მოცულობის, დანიშნულების) ჭურჭელი განთავსდეს ერთ თაროზე (ან უჯრაში).

### → ფეთქებადსაშიშ მასალასთან მუშაობის წესები

- ლაბორატორიაში ფეთქებადსაშიში მასალა უნდა გადაიტანონ დახურული თავით და ურიკების საშუალებით;
- სისტემატურად უნდა შემოწმდეს ფეთქებადსაშიში აირ–ბალონების მაღალი წნევის ონკანის და რედუქტორის გამართულობა;
- როდესაც აღჭურვილობა არ გამოიყენება, ან როდესაც ოთახში არავინ არის, მაღალი წნევის ძირითადი ონკანი უნდა გადაიკეტოს;
- ვაკუუმ-ექსიკატორიდან ჰაერის ამოტუმბვისას, უნდა გამოიყენონ მხოლოდ წყალჭავლიანი ან ელექტრო ვაკუუმ-ტუმბო ან სხვა მსგავსი საშუალება. ამ დროს, წნევის ზეგავლენით, ვაკუუმ-ექსიკატორის აფეთქების რისკის შემთხვევაში, ტრავმის თავიდან აცილების მიზნით, მას შემოხვეული ჰქონდეს სპეციალური საფარი;
- ამწოვ კარადაში აფეთქების შემთხვევაში, პირველ რიგში უნდა გამოირთოს ვენტილაცია და დაიხუროს დროსელ-სარქველი, რათა არ მოხდეს სავენტილაციო ხაზზე ხანძრის გავრცელება. ამწოვ კარადასთან მუშაობის დროს, ფანჯრის გახსნა დასაშვებია კარადის მუშა ფართობის არაუმეტეს 1/3-ზე;
- ფეთქებადსაშიშ მასალებთან მუშაობისას, უსაფრთხოების მიზნით, მიზანშეწონილია დამცავი სათვალის ან ორგანული მინის სპეციალური საფარის გამოყენება;
- ვაკუუმ გამოსახდელს, ავტოკლავს, შეკუმშულ და გათხევადებულ აირ–ბალონსა და სხვა სახის ფეთქებადსაშიშ მასალასთან მუშაობა დასაშვებია მხოლოდ უსაფრთხოების ტექნიკის სპეციალური ინსტრუქციის გავლის შემდეგ.

### → აალებად მასალასთან მუშაობის წესები

- ადვილად აალებადი მასალა უნდა ინახებოდეს თანდართული ინსტრუქციების შესაბამისად, აუცილებლად გასათვალისწინებელია ტემპერატურული რეჟიმი;
- დაუშვებელია ადვილად აალებადი მასალის მოთავსება ნებისმიერი სახის სითბოს წყაროსა (მზეზე, გამათბობელთან და ა.შ.) და ცეცხლის ალთან ახლოს;
- ადვილად აალებად მასალასთან მუშაობის დროს, პრევენციის მიზნით, აუცილებლად უნდა გამოიყენონ ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები: ცეცხლგამძლე ხელთათმანები, ჩექმები, ლაბადა, სათვალე, პირბადე და ა.შ.
- მეტად მნიშვნელოვანია, რომ ადვილად აალებადი მასალები სწორად იყოს დასაწყობებული. დიდი რაოდენობის ასეთი მასალა უნდა ინახებოდეს ლაბორატორიიდან მოშორებულ ცალკე შენობაში ან კარგად ვენტილირებულ სარ-

დაფში, რომელსაც გააჩნია ხანძარსაწინააღმდეგო აღჭურვილობა (ვენტილაცია, განგაშის სიგნალი, ავტომატური ცეცხლჩამქრობი და ა.შ.).

- ლაბორატორიული საქმიანობის პროცესში გამოსაყენებელი მცირე რაოდენობის, ადვილად აალებადი მასალა უნდა ინახებოდეს ლაბორატორიის სპეციალურ სათავსოში (ან კარადაში), რომელიც შესაბამისად უნდა იყოს ნიშანდებული;
- ადვილად აალებად მასალებთან მუშაობისას უნდა დავიცვათ გარკვეული დისტანცია; განსაკუთრებით უნდა მოვარიდოთ სახე და დავიზღვიოთ თავი აალებადი ნივთიერების ორთქლის შესუნთქვისგან.

→ **უსაფრთხოების ღონისძიებები ადვილად აალებადი მასალით მუშაობის დროს**

- ადვილად აალებადი მასალის შენახვის წესების დაცვა;
- ადვილად აალებად მასალასთან მუშაობის დროს რეზინის ხელთათმანებისა და შესაბამისი დამცავი საშუალებების ჩაცმა;
- ადვილად აალებადი მასალის სწორად დასაწყობება;
- ადვილად აალებად მასალასთან მუშაობის დროს სათანადო დაშორების წესის დაცვა.

→ **მსხვრევად მასალასთან მუშაობის წესები**

ლაბორატორიაში არსებულ მსხვრევად მასალას ძირითადად წარმოადგენს მინის ან სხვა მასალისგან დამზადებული ქიმიური ჭურჭელი, რომლის გამოყენებისას საჭიროა შემდეგი წესების დაცვა:

- დაუშვებელია თერმულად დამუშავების პროცესში ჭურჭლის (მაგ. რაიმე ნივთიერების გაცხელება, ადუღება, გალღობა და ა.შ.) სახესთან ახლოს მიტანა;
- სინჯარის პირი, რომელშიც ხდება ხსნარის ან სითხის გაცხელება, არ უნდა იყოს მიმართული ადამიანისკენ;
- სქელკედლიანი ქიმიური ჭურჭელი არ უნდა ცხელდებოდეს ღია ცეცხლზე, ამ შემთხვევაში უნდა გამოიყენონ თერმოგამანაწილებლით აღჭურვილი სპეციალური ქურები. ჭურჭლის არათანაბარი გაცხელებისას შესაძლებელია სითხის გაშხეფება და ჭურჭლის დაზიანება!
- დიდი მოცულობის ქიმიურ ჭურჭელს იჭერენ ორივე ხელით, ამასთან ერთ-ერთი ხელით უნდა მოხდეს ჭურჭლის ძირის დაჭერა!
- მინის დიდი ტევადობები, რომლებშიც კონცენტრირებული მჟავა, ტუტე ან ამიაკია, საჭიროა იდგეს კალათებსა ან ხის ჩარჩოებში;

- მინის მილების ბასრი ნაწილები ოდნავ შემღვალი უნდა იყოს სპირტის ან გაზქურის ალზე! მინის დეტალებზე რეზინის მილების ჩამოცმის დროს, მინის გატეხვის თავიდან აცილების მიზნით, აუცილებელია მათი წინასწარ წყლით დასველება, გლიცერინის ან ვაზელინის წასმა და შემაერთებელ ნაწილებზე ორივე ხელის თითების მაქსიმალურად ახლოს განლაგება;
- სარეველას გამოყენების წინ საჭიროა შემოწმდეს, რამდენად სწორად არის ის ჭურჭელში მოთავსებული და მუშაობის დროს ხომ არ დააზიანებს ჭურჭელს;
- მსხვრევად მასალებთან მუშაობის დროს მიზანშეწონილია დამცავი სათვალის ან ორგანული მინის საფარის გამოყენება.

## სახანძრო უსაფრთხოების წესების დაცვა

→ **ხანძარსაწინააღმდეგო ღონისძიებები**

- ლაბორატორიის ყველა ოთახი და სათავსო სახანძრო უსაფრთხოების ნორმებს უნდა აკმაყოფილებდეს;
- ლაბორატორიის ყველა ოთახში და სათავსოში უნდა განთავსდეს შესაბამისი ცეცხლმაქრი;
- ლაბორატორიის ყველა ოთახსა და სათავსოში უნდა განთავსდეს გადაუდებელი დახმარების ყველა შესაძლო საკონტაქტო ტელეფონი და მისამართი;
- სასურველია ლაბორატორია აღჭურვილი იყოს ხანძარსაწინააღმდეგო დეტექტორებითა და სისტემით;
- ლაბორატორიაში ყველაზე თვალსაჩინო ადგილზე უნდა გამოიკრას პერსონალის ევაკუაციის გეგმა;
- ლაბორატორიაში უნდა განთავსდეს გასასვლელების, მათ შორის სათადარიგო გასასვლელების აღმნიშვნელი, თანამედროვე სტანდარტის შესაბამისი ფირნიშები;
- ლაბორატორიის შინაგანაწესით უნდა განისაზღვროს პიროვნება (ან პიროვნებათა ჯგუფი), რომელიც პასუხისმგებელი იქნება ხანძარსაწინააღმდეგო არსენალის გამართულობაზე, ვარგისიანობაზე და ყველა ხანძარსაწინააღმდეგო ღონისძიების განხორციელებაზე;

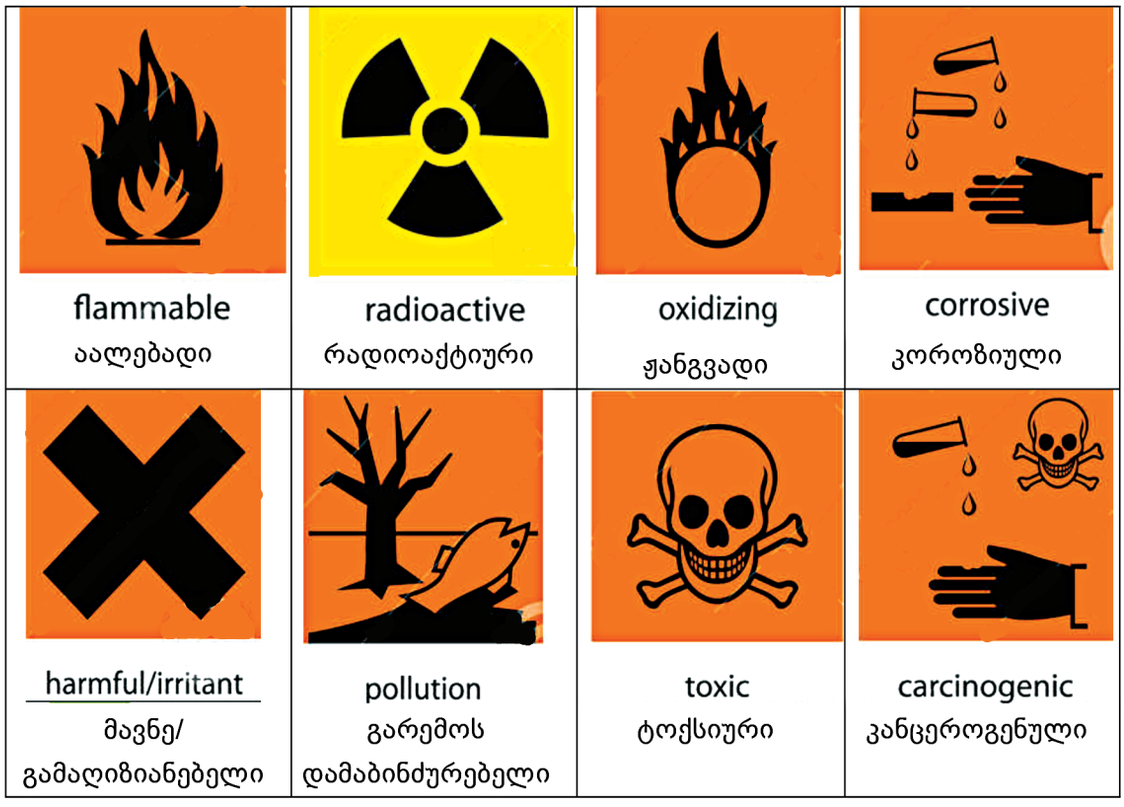
- უკლებლივ ყველა თანამშრომელი უნდა იცნობდეს სახანძრო უსაფრთხოების წესებს, საევაკუაციო გეგმას, იცოდეს ცეცხლმაქრისა და სხვა არსენალის მოხმარება;
- აკრძალულია ლაბორატორიის სივრცეში საწვავი მასალის შენახვა და სხვადასხვა ნივთით გასასვლელებამდე და ცეცხლმაქრებამდე გზის ჩახერგვა;
- აკრძალულია ლაბორატორიაში მოწევა;
- აკრძალულია გამაცხელებელი დანადგარების უმეთვალყურეოდ მიტოვება და მათ სიახლოვეს ადვილად აალებადი სითხისა და მასალის დატოვება;
- ლაბორატორიაში გაზის სუნის არსებობისას, იკრძალება დენის ჩართვა და ღია ცეცხლის გამოყენება;
- ყველა თანამშრომელი, ვინც ხანძარს, დაკვამლიანებას ან ხანძრის სხვა ნიშნებს შენიშნავს, ვალდებულია:
  ა) დაუყოვნებლივ დარეკოს 112-ზე;
  ბ) მიიღოს ყველა ზომა ცეცხლის ჩასაქრობად;
  გ) დაუყონებლივ შეატყობინოს ლაბორატორიის მენეჯმენტს და გაატაროს საევაკუაციო ღონისძიება.

## ქიმიურ რეაქტივებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესები

### → ქიმიური რეაქტივების ეტიკეტის კითხვა

ქიმიური ნაერთები უნდა შეინახონ ორიგინალური შეფუთვით, რათა საჭიროების შემთხვევაში შეიძლებოდეს სიმბოლოების, ასევე უსაფრთხოების და სხვა საჭირო ინფორმაციის წაკითხვა ეტიკეტიდან. ეტიკეტის დაზიანების შემთხვევაში, საჭიროა მათი ახლით შეცვლა. საჭიროების შემთხვევაში, ქიმიური ზემოქმედებისგან ეტიკეტის დასაცავად, აუცილებელია ეტიკეტზე გამჭირვალე ფოლიის გადაკვრა.

ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ მომხმარებელი ერკვეოდეს და შეეძლოს ქიმიური რეაქტივის ეტიკეტის სწორად წაკითხვა, რაც გულისხმობს ეტიკეტზე მითითებული სიმბოლოების სწორად აღქმას (იხ. სურათი):




გარდა ამისა, ქიმიური რეაქტივის მომხმარებელმა უნდა დაიცვას რეაქტივის გამოყენების ვადა. იმ შემთხვევაში, როცა ეტიკეტზე თარიღი არ არის მითითებული, რეაქტივის გამოყენების ვადა და მის შესახებ სხვა მრავალი ინფორმაციის მოძიება (მაგალითად, სერტიფიკატი, უსაფრთხოების პირობები და ა.შ.) შესაძლებელია ინტერნეტსივრცეში ე.წ. ლოტის ნომრისა და რეაქტივის სასაქონლო (კატალოგის მიხედვით) ნომრის გამოყენებით.

რეაქტივის ლოტის და სასაქონლო (კატალოგის მიხედვით) ნომერი

→ **მჟავასა და ტუტესთან უსაფრთხოდ მუშაობის წესები**

- მჟავა ან ტუტე ხსნარებს ასხამენ გამწოვ კარადაში. მომუშავეს უნდა ეკეთოს დამცავი სათვალე, ხოლო ამწოვი კარადის ფანჯარა ისე უნდა იყოს დაწეული, რომ ფარავდეს მომუშავის სახეს;
- მინის დიდი ტევადობები, რომლებშიც კონცენტრირებული მჟავა, ტუტე ან ამიაკია, საჭიროა მოთავსდეს კალათებსა ან ხის ჩარჩოებში. ამ ნივთიერებების გადმოსხმისას აუცილებელია დამცავი სათვალის, რეზინის ხელთათმანების, წინსაფრისა და რეზინის ჩექმების გამოყენება;

- მჟავისა და ტუტის პიპეტირების დროს უნდა გამოიყენონ მინის პიპეტები, რომელზეც მაგრდება სპეციალური ამწოვი მოწყობილობა (რეზინის ბურთი, ავტომატური ამწოვი და სხვა).

→ **ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებებთან უსაფრთხოდ მუშაობის წესები**

ლაბორატორიის თანამშრომლებმა უნდა იცოდნენ კონკრეტული ორგანული თუ არაორგანული ნივთიერების ფიზიკურ–ქიმიური თვისებები, რაც აუცილებლად გასათვალისწინებელია მუშაობის პროცესში. ქვემოთ წარმოდგენილია ლაბორატორიულ პრაქტიკაში ხშირად გამოყენებული, ზოგიერთ ორგანულ და არაორგანულ ნაერთთან მუშაობის წესები:

- **ქლორთან, ბრომთან, გოგირდის ან აზოტის ოქსიდებთან, გოგირდწყალბადთან** და სხვა მომწამლავ ნივთიერებებთან მუშაობა აუცილებელია წარმოებდეს ამწოვ კარადაში; ამ დროს იყენებენ რეზინის ხელთათმანებსა და დამცავ სათვალეს;
- **ეთერის გაცხელება, გამოხდა, აორთქლება** მიმდინარეობს წყლის აბაზანის საშუალებით. გამოხდისას იყენებენ მაქსიმალურად გრძელ მაცივრებს, ხოლო მიმღებს ათავსებენ ღია ცეცხლისგან მოშორებით. მრავალჯერ გამოყენებულ ეთერთან მუშაობის წინ, აფეთქების თავიდან აცილების მიზნით, საჭიროა მას მოშორდეს პეროქსიდები, მაგალითად, რკინის სულფატთან შენჯღრევით. არ შეიძლება გამოსახდელი კოლბიდან ეთერის გამოხდა სიმშრალემდე (ბოლომდე) და გამოხდილი ეთერის დიდი რაოდენობით შეგროვება ერთ მიმღებში (არა უმეტეს 300-400 მლ). ეთერის შენახვა (განსაკუთრებით აბსოლუტური ეთერის) შეიძლება მხოლოდ სქელკედლიან, მუქი ფერის ჭურჭელში, რომელიც დახურულია საცობით - კალციმის ქლორიდიანი მილით;
- **მეტალურ ნატრიუმთან** მუშაობისას აუცილებელია აბსოლუტურად მშრალი ჭურჭლის გამოყენება. არ შეიძლება ნატრიუმთან მუშაობა წყლის სიახლოვეს (შეიძლება მოხდეს აფეთქება). სამუშაოს დამთავრების შემდეგ, აუცილებელია რეაქციაში შეუსვლელი ნატრიუმის ნარჩენების შეგროვება ნავთიან ჭურჭელში. ნატრიუმის ნარჩენებს ხსნიან სპირტში;
- **კონცენტრირებულ მჟავას ან ტუტესთან** მუშაობისას უნდა გამოიყენონ დამცავი წინსაფარი და რეზინის ხელთათმანები;
- **მხრჩოლავ და ადვილად აორთქლებად ნივთიერებებთან** მუშაობისას აუცილებელია პირბადის გამოყენება;

- **ხელსაწყოს დაშლის წინ**, რომელშიც ადვილად აალებადი ნივთიერებებია, საჭიროა გაზის სანათურის ჩაქრობა და ხელსაწყოს გაცივება;
- **გამოსახდელ დანადგარებზე** მუშაობისას აუცილებელია დამცავი სათვალის გამოყენება.

### → ქიმიური რეაქტივების შეუთავსებლობის ზოგადი წესები

ქიმიური ნივთიერებების შენახვის დროს, აალების ან აფეთქების თავიდან აცილების მიზნით, გასათვალისწინებელია ზოგიერთი ნივთიერების თავისებურება, კერძოდ შეუთავსებლობა სხვა ნივთიერებებთან. ასეთი ნივთიერებების შენახვისა და გამოყენებისას, დაუშვებელია მათი კონტაქტი შეუთავსებელ ნივთიერებებთან.

ქიმიური შეუთავსებლობის ზოგადი წესი წარმოდგენილია ცხრილში.

| ნივთიერების კატეგორია | შეუთავსებელი ნივთიერება |
|---|---|
| ტუტე ლითონები<br>(მაგალითად: ნატრიუმი, კალიუმი, ცეზიუმი და ლითიუმი) | ნახშირორჟანგი, ქლორირებული ნახშირწყალბადები, წყალი |
| ჰალოგენები | ამონიუმი, აცეტილენი, ნახშირწყალბადები |
| ძმარმჟავა, წყალბადის სულფიდი, ანილინი, ნახშირწყალბადი, გოგირდმჟავა | დამჟანგავი აგენტები, მაგალითად; ქრომმჟავა, აზოტმჟავა, ზეჟანგები, პერმანგანატები |

### → აალებად და ფეთქებადსაშიშ რეაქტივებთან უსაფრთხოდ მუშაობის წესები

ლაბორატორიული საქმიანობის დროს გამოყენებულ მასალებს შორის ხშირად გვხვდება ადვილად აალებადი ნივთიერებები. ქვემოთ განვიხილავთ ზოგიერთ მათგანთან მუშაობის წესებს:

- ორგანული ხსნარის (სპირტი, ეთერი და ა.შ.) გაცხელება, გამოხდა, აორთქლება უნდა მიმდინარეობდეს წყლის აბაზანის გამოყენებით. გამოხდისას უნდა გამოიყენებოდეს გრძელი მაცივარი, ხოლო მიმღები ჭურჭელი უნდა მოთავსდეს გახურების წყაროსგან მოშორებით. სასურველია, რომ მიმღები იყოს მცირე მოცულობის (~ 500 მლ–მდე);
- განსაკუთრებით საყურადღებო და საფრთხილოა ეთერებთან მუშაობა. გამხსნელის სახით მრავალჯერ გამოყენებული ეთერის აფეთქების თავიდან აცილების მიზნით, საჭიროა მას მოშორდეს პეროქსიდები, მაგალითად, რკინის სულფატთან შენჯღრევით. არ შეიძლება გამოსახდელი კოლბიდან ეთერის

გამოხდა სიმშრალემდე (ბოლომდე). მოძველებული და გამოკრისტალებული ეთერები ძალიან არასტაბილური, და პოტენციურად ფეთქებადია;

- ეთერი უნდა ინახებოდეს სქელკედლიან, მუქი ფერის ჭურჭელში, რომლის საცობზე მოთავსდება კალციუმის ქლორიდიანი მილი;
- მეტალურ ნატრიუმთან მუშაობისას აუცილებელია აბსოლუტურად მშრალი ჭურჭლის გამოყენება. არ შეიძლება ნატრიუმთან მუშაობა წყლის სიახლოვეს (შეიძლება მოხდეს აფეთქებაც კი). სამუშაოს დამთავრების შემდეგ აუცილებელია რეაქციაში შეუსვლელი ნატრიუმის ნარჩენები შეგროვდეს ნავთიან ჭურჭელში. ნატრიუმის ნარჩენებს ხსნიან სპირტში.
- აზიდები, რომლებიც ანტიბაქტერიულ ხსნარებში ხშირად გამოიყენება, არ უნდა შევიდნენ კონტაქტში სპილენძსა ან ტყვიასთან (მაგალითად, გამდინარე წყლის მილებში), ვინაიდან, ოდნავი შეხების შემთხვევაშიც კი, ისინი მაშინვე აფეთქდება.
- ქლორის მჟავა, თუ ის დაეწვეთა და აორთქლდა ხის ნაწარმსა ან ქსოვილზე, აფეთქდება და შეიძლება ხანძარი გამოიწვიოს.

→ **მჟავას, ტუტის, ცეცხლსაშიში სითხეების, ორგანული გამხსნელების ნარჩენების შეგროვების წესი, შესაბამის კონტეინერებში შენახვა**

ლაბორატორიული ნარჩენების მართვის მიზნით, ლაბორატორიაში უნდა არსებობდეს ქიმიური რეაქტივების ტიპების შესაბამისი სხვადასხვა სპეციალური კონტეინერი. აუცილებელია, კონტეინერები ეტიკეტირებული იყოს. მაგალითად:

| | |
|---|---|
| A | ორგანული ნაერთები, რომლებიც ჰალოგენებს არ შეიცავს |
| B | ჰალოგენების შემცველი ორგანული ნაერთები<br>ყურადღება: არ გამოიყენოთ ალუმინის კონტეინერები!! |
| C | ორგანული ნაერთების მყარი ნარჩენები |
| D | მარილების ხსნარები, რომელთა მჟავიანობა უნდა მიიყვანონ pH 6-8–მდე |
| E | ტოქსიკური არაორგანული ნარჩენები და მძიმე მეტალების მარილები და ხსნარები |
| F | ტოქსიკური აალებადი ნაერთები |
| G | ვერცხლისწყალი და ვერცხლისწყლის შემცველი ნაერთები |
| H | მეტალთა მარილების ნარჩენები |
| I | არაორგანული მყარი ნარჩენები |
| K | მინისა და პლასტიკური მასალის ნარჩენები |

ასევე შესაძლებელია, თვალსაჩინოების მიზნით, კონტეინერს გაუკეთდეს ადვილად აღსაქმელი სიმბოლოები:

ქიმიური ნივთიერებების შესანახად გამოყენებული ჭურჭელი და კონტეინერი უნდა დამზადდეს შესაფერისი მასალისგან. ხშირად გამოიყენება მინის ან პლასტმასისგან დამზადებული კონტეინერები. შუქმგრძნობიარე ნივთიერებების შესანახად (მაგალითად, დიეთილის ეთერი), რომლებიც როგორც წესი, სინათლის მოქმედებით წარმოქმნიან ზეჟანგებს, უნდა გამოიყენონ მუქი მინისგან დამზადებული კონტეინერები. პლასტიკური მასალისგან დამზადებულმა კონტეინერმა, მზის სხივის მოქმედებით, შეიძლება განიცადოს რღვევა. ამიტომ საჭიროა ამ ჭურჭლის რეგულარული შემოწმება და საჭიროების შემთხვევაში შიგთავსის გადატანა სხვა ჭურჭელში. პლასტმასის ჭურჭელში ორგანული გამხსნელების შენახვისას, შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სითხის გაჟონვას ჭურჭლის კედლებიდან (დიფუზიას).

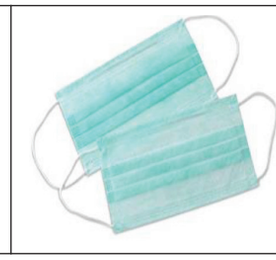
ზოგიერთი მომწამვლელი, ადვილად აალებადი ან კოროზიული ნივთიერება მცირე რაოდენობით უნდა ინახებოდეს ამწოვ კარადაში.

- **ინდივიდუალური დამცავი საშუალებების (ხელთათმანი, პირბადე, სათვალე და ხალათი) გამოყენება**

ჯანმრთელობისთვის სახიფათო ქიმიურ რეაქტივებთან მუშაობის დროს სასურველია ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გამოყენება.

ფიზიკურ–ქიმიურ ლაბორატორიაში ინდივიდუალური დაცვის ძირითადი საშუალებები წარმოდგენილია სურათებზე:

სხვადასხვა სახის ხელთათმანი (ქსოვილის, პოლიეთილენის, მძიმე რეზინის და ა.შ.)



პირბადე და/ან რესპირატორი

სათვალე

რეზინის ფეხსაცმელი და/ან ბოტები

წინსაფარი

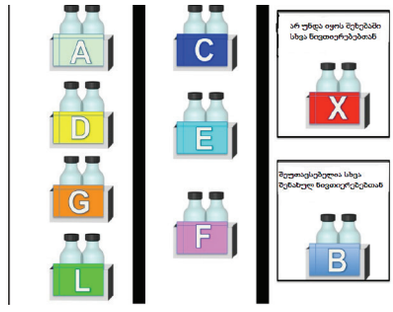
ხალათი

## → ქიმიური რეაქტივების უსაფრთხოდ შენახვის პირობები

ლაბორატორიაში უნდა ინახებოდეს მხოლოდ ყოველდღიური მოხმარებისთვის საჭირო ქიმიკატები. დიდი მარაგი ინახება სპეციალურად გამოყოფილ შენობებსა ან სარდაფში (სურათი).

ქიმიკატები ანბანის მიხედვით უნდა იყოს განლაგებული. ურთიერთშეუთავსებელი ქიმიკატები უნდა განთავსდეს ცალკე და იყოს ნიშანდებული (სურათი).

პასუხისმგებელი პერსონალი, გარკვეული პერიოდულობის დაცვით უნდა აკონტროლებდეს ქიმიური რეაქტივების რაოდენობას, გამოყენების ვადას და შენახვის პირობებს (ტემპერატურა, ტენიანობა, ვენტილაცია), (სურათი).



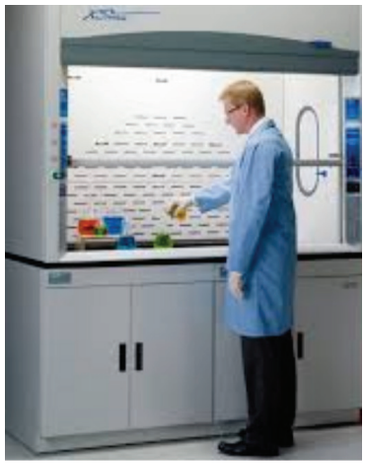
ლაბორატორიაში არსებული ყველა ნივთიერება და პრეპარატი წელიწადში არანაკლებ ერთხელ მაინც უნდა იყოს შემოწმებული და აღწერილი.

## → გამწოვ კარადაში მუშაობის წესები

გამწოვი კარადის (იხილე სურ.) გამოყენების დროს უნდა შემოწმდეს, თუ რამდენად კარგად (საკმარისი წნევით) მიმდინარეობს გაწოვა. ამისთვის შეიძლება გამოიყენონ ქაღალდის თხელი ხელსახოცი, რომელსაც მიიტანენ გამწოვი კარადის ფანჯრის სიახლოვეს. თუ გამწოვი ჰაერის ნაკადი ძლიერად წარიტაცებს ხელსახოცს, შეგვიძლია გაწოვის ხარისხი დამაკმაყოფილებლად მივიჩნიოთ.

გამწოვ კარადასთან მუშაობის დროს, ფანჯრის გახსნა დასაშვებია კარადის მუშა ფართობის არაუმეტეს 1/3-ზე.

გამწოვ კარადაში აფეთქების შემთხვევაში, პირველ რიგში უნდა გამოირთოს ვენტილაცია და დაიხუროს დროსელ-სარქველი, რათა არ მოხდეს სავენტილაციო ხაზზე ხანძრის გავრცელება.



**ქიმიურ რეაქტივებთან მუშაობისას მიღებული დაზიანებები**

→ **დამწვრობა (მჟავა, ტუტე)**

- მჟავით ან ტუტით კანის დამწვრობის დროს საჭიროა წყლის ნაკადით კანის დაახლოებით 20-30 წუთის, ხოლო ძლიერი დამწვრობის შემთხვევაში - 1.5-2 საათის განმავლობაში ჩამორეცხვა (წყალი არ უნდა იყოს ცივი). ჩატარებული პროცედურის შემდეგ, დაზარალებულს ისევე ექცევიან, როგორც თერმული დამწვრობის შემთხვევაში;
- მჟავის ან ტუტის წვეთების თვალში მოხვედრისას, თვალს დიდი ხნის განმავლობაში იბანენ ოთახის ტემპერატურიანი წყლით ან თვალის გამომრეცხი სპეციალური სითხით, რომელიც ლაბორატორიაში მისაწვდომ ადგილზეა მოთავსებული;
- ლაბორატორიის სამუშაო სივრცეში, ასევე ქიმრეაქტივების და ქიმიური ნარჩენების შესანახ სათავსოებში, უზრუნველყოფილი უნდა იყოს სპეციალური შხაპი, თვალის ამორეცხვის მოწყობილობით.

→ **მოწამვლა (ორგანული აქროლადი ნივთიერებები)**

- ფიზიკურ–ქიმიური ლაბორატორიის თანამშრომლები, ლაბორატორიაში არსებული ქიმიური ნივთიერებების გამო, საკმაოდ სერიოზული ქიმიური საფრთხის წინაშე დგანან. მნიშვნელოვანია, რომ მათ სწორი ცოდნა ჰქონდეთ ამ ქიმიკატების ტოქსიკური ეფექტის, ექსპოზიციის გზების, მათთან მოპყრობასა და შენახვასთან დაკავშირებული საფრთხის შესახებ. ნივთიერებების უსაფრთხოების შესახებ ინფორმაცია უნდა ინახებოდეს ყველა ლაბორატორიაში, სადაც ეს ქიმიკატები მოიხმარება;
- საშიში ქიმიკატებით მოწამვლა ხდება შემდეგი შემთხვევების დროს: ინჰალაცია, კონტაქტი, ჩაყლაპვა, გაჭრილი კანიდან შეწოვა;

- თითქმის ყველა ლაბორატორიაში აქტიურად გამოიყენება (გამხსნელებლად, სარეცხ საშუალებებად და ა.შ.) ორგანული აქროლადი ნივთიერებები, რომლებსაც ტოქსიკური ზემოქმედების უნარი გააჩნიათ. უარყოფითი ზემოქმედებით შეიძლება სერიოზულად დაზიანდეს ისეთი ორგანოები, როგორებიცაა: სასუნთქი სისტემა, სისხლი, ფილტვები, ღვიძლი, თირკმლები და საჭმლის მომნელებელი სისტემა, და სხვა. ზოგიერთ მათგანს კანცეროგენული მოქმედების უნარიც აქვს;
- ექსპოზიციამ შეიძლება გამოიწვიოს ჯანმრთელობაზე არა მყისიერი, არამედ მოგვიანებითი ზემოქმედება, მაგალითად, კოორდინაციის მოშლა, მოდუნება და მსგავსი სიმპტომები, რაც უბედური შემთხვევების ალბათობას ზრდის;
- მრავალი ორგანული გამხსნელის თხევადი ფაზისადმი ხანგრძლივმა ან განმეორებითმა ექსპოზიციამ, შეიძლება კანის დაზიანება გამოიწვიოს. ეს შეიძლება იყოს გაუცხიმოვნების შედეგი, თუმცა შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ალერგიულ ან კოროზიულ რეაქციებსაც.

## ცოცხალ კულტურებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესები

→ **სუფთა კულტურა ანუ შტამი**

სუფთა კულტურა ანუ შტამი არის ერთი სახეობის მიკროორგანიზმთა ერთობლიობა, რომელიც გამოყოფილია კონკრეტული ან ერთი და იმავე წყაროდან, ოღონდ სხვადასხვა დროს (შტამი სახეობასთან შედარებით, უფრო ვიწრო ცნებაა).

შესაძლოა ერთი და იმავე მიკროორგანიზმის სხვადასხვა შტამს გააჩნდეს განსხვავებული თვისებები, მაგალითად ანტიბიოტიკებისადმი მგრძნობელობა და სხვა. მიკროორგანიზმების ზოგიერთი შტამი გამოიყენება წარმოებაში ცილების, ანტიბიოტიკების, ვიტამინების და სხვა ნივთიერებების მიკრობიოლოგიური სინთეზისთვის.

→ **ტერმინების განმარტება:**

- **ლაბორატორია** – [ლათ. laboratorium] სამეცნიერო-კვლევითი ან ტექნიკური მუშაობისთვის (სასწავლოდ და სხვ.) განკუთვნილი, სათანადოდ მოწყობილი ადგილი (შენობა, ოთახი და სხვა).
- **პათოგენური ბიოლოგიური აგენტები** – პათოგენური მიკროორგანიზმი (ბაქტერია, ვირუსი, ქლამიდია, რიკეტსია, სოკო) გენური ინჟინერიით მოდიფიცირებულის ჩათვლით, ბიოლოგიური წარმოშობის შხამი (ტოქსინი), აგრეთვე ნებისმიერი წარმოშობის ობიექტი და მასალა (საველე, კლინიკური, სექციური), რომელიც საეჭვოა მათ შემცველობაზე.

- **ბიოუსაფრთხოება** – პათოგენური ბიოლოგიური აგენტების ზემოქმედებისგან პერსონალის, მოსახლეობისა და გარემოს დასაცავად მიმართული ორგანიზაციული, სამედიცინო-ბიოლოგიური, საინჟინრო-ტექნოლოგიური ღონისძიებებისა და საშუალებების სისტემა;
- **„სამუშაო ზონა"** – ლაბორატორიული სივრცე, სადაც უშუალოდ მიმდინარეობს რუტინული მიკრობიოლოგიური საგამოცდო სამუშაოები (ცოცხალ ორგანიზმებზე); ამ ზონაში გამოყენებული უნდა იქნეს ბიოუსაფრთხოების კაბინები (ბოქსები);
- **„სუფთა" ზონა** – ლაბორატორიული სივრცე, სადაც არ ხორციელდება მუშაობა ცოცხალ მიკროორგანიზმებზე.
- **განსაკუთრებით საშიში პათოგენები** – პათოგენი, რომელიც ადამიანებში და ცხოველებში იწვევს სერიოზულ დაავადებას, და ერთი ინფიცირებულიდან მეორეს ადვილად გადაეცემა პირდაპირი ან არაპირდაპირი გზით. მკურნალობისა და პრევენციის ეფექტური საშუალებები ჩვეულებრივ ხელმისაწვდომი არაა.
- **ბიოლოგიური უსაფრთხოების კაბინა** – არის აეროზოლებისა და შხეფებისგან (რომლებიც შეიძლება წარმოიქმნას ინფექციური აგენტების შემცველ ისეთ მასალასთან მუშაობის დროს, როგორებიცაა პირველადი კულტურები ან სადიაგნოსტიკო მასალა) ოპერატორის, ლაბორატორიის, გარემოსა და სამუშაო მასალის დასაცავად განკუთვნილი სათავსო.
- **ავარია** – [იტალ. avaria] რაიმე მანქანის, მექანიზმის დაზიანება; ავარია საგანგებო მდგომარეობაა, რომლის დროსაც ვითარდება რეალური ან პოტენციური საფრთხე პერსონალის ინფიცირებისა პათოგენური ბიოლოგიური აგენტის სამუშაო ზონაში, გარემოსა და ჰაერში გამოყოფის შედეგად.
- **ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები** – სხვადასხვა დანიშნულების აღჭურვილობა (დამცავი ტანსაცმელი, შლემი, სათვალე, რესპირატორი, ხალათი, წინსაფარი და სხვა), რომელიც უზრუნველყოფს დასაქმებულის ჯანმრთელობაზე მძიმე, მავნე და საშიში საწარმოო (ლაბორატორიული) ფაქტორების აცილებას და/ან შემცირებას.
- **ბიოუსაფრთხოებაზე პასუხისმგებელი პირი** – ლაბორატორიის უფლებამოსილი თანამშრომელი, რომელიც უზრუნველყოფს ლაბორატორიაში ბიოუსაფრთხოების პოლიტიკისა და პროგრამების უწყვეტად დაცვას.
- **რისკის შეფასება** – პროცესი, რომელიც მოიცავს შემდეგ ქმედებებს: საფრთხის იდენტიფიცირებას, საფრთხის დახასიათება-აღწერას, საფრთხის გამოვლენის შეფასებასა და საფრთხის შემთხვევაში განვითარებული შედეგების განსაზღვრას. რისკის შეფასება ბიოუსაფრთხოების დონისადმი კუთვნილების

განსაზღვრისკენ მიმართული ხარისხობრივ და რაოდენობრივ ღონისძიებათა კომპლექსია, რომელიც ეფუძნება შემდეგ ფაქტორებს: აგენტის პათოგენობას, ტრანსმისიურობას, ვირულენტობას, მიმღებლობას, პროფილაქტიკისა და მკურნალობის საშუალებებს, ასევე აგენტის იდენტიფიცირების მეთოდებს.

→ **ლაბორატორიების ბიოუსაფრთხოების ოთხი დონე**

ბიოუსაფრთხოების მიხედვით ლაბორატორია კლასიფიცირებულია ოთხ დონედ:

**ა) ზოგადი საბაზო – ბიოუსაფრთხოების I დონე;**

**ბ) საბაზო – ბიოუსაფრთხოების II დონე;**

**გ) მაღალი დაცვის – ბიოუსაფრთხოების III დონე;**

**დ) მაქსიმალური დაცვის – ბიოუსაფრთხოების IVდონე.**

ბიოუსაფრთხოების დონეს განსაზღვრავს სათავსოს დიზაინი, კონსტრუქცია, დაცულობა, აღჭურვილობა, საქმიანობა და საოპერაციო პროცედურები, რომლებიც მოითხოვება სხვადასხვა რისკის ჯგუფის აგენტებთან (მიკროორგანიზმებთან) სამუშაოდ.

ცხრილში წარმოდგენილია ლაბორატორიების ბიოუსაფრთხოების დონეების კავშირი პრაქტიკასა და აღჭურვილობასთან.

| ბიოუსაფრთხოების დონე | ლაბორატორია | ლაბორატორიული პრაქტიკა | უსაფრთხოების აღჭურვილობა |
|---|---|---|---|
| ზოგადი საბაზო - ბიოუსაფრთხოების I დონე | ძირითადი სასწავლო | GMT[ა] | არ არსებობს, ღიად მუშაობა |
| საბაზო -ბიოუსაფრთხოების II დონე | პირველადი ჯანდაცვის სამსახური; პირველადი დონის საავადმყოფო, დიაგნოსტიკური, სასწავლო და საზოგადოებრივი ჯანდაცვა | GMT პლუს დამცავი ტანსაცმელი, ბიოლოგიური საფრთხის ნიშანი | ღიად მუშაობა დამატებული BSC[ბ] პოტენციური აეროზოლებისთვის |
| დაცული - ბიოუსაფრთხოების III დონე | სპეციალური დიაგნოსტიკური | ისევე, როგორც მეორე დონისთვის, დამატებით სპეციალური ტანსაცმელი; კონტროლირებული დაშვება, ჰაერის მიმართული ნაკადი | BSC და/ან სხვა პირველადი შენახვა ყოველგვარი საქმიანობისთვის |
| მაქსიმალური დაცვა - ბიოუსაფრთხოების IV დონე | საშიში პათოგენების განყოფილებები | ისევე, როგორც მესამე დონეზე, დამატებული ჰაერგაუმტარი შესასვლელი, ნარჩენების სპეციალური საყრელი | მესამე კლასის BSC ან დადებითი წნევის კოსტუმები; ორბოლოიანი ავტოკლავი, გაფილტრული ჰაერი. |

[ა]GMT, კარგი მიკრობიოლოგიური ტექნიკა
[ბ]BSC ბიოუსაფრთხოების კაბინეტი

→ **სანიტარული ნორმებით განსაზღვრული მოთხოვნები ბიოუსაფრთხოების I და II დონისადმი**

| დასახელება | ბიოუსაფრთხოების I დონე | ბიოუსაფრთხოების II დონე |
|---|---|---|
| ლაბორატორიის იზოლაცია | არა | არა |
| ფართობი იკეტება დეკონტამინაციისთვის | არა | არა |
| **ვენტილაცია:** | | |
| ჰაერის შემავალი ნაკადი | არა | სასურველია |
| ვენტილაციის კონტროლირებული სისტემა | არა | სასურველია |
| ჰაერის გასვლა HEPA-ფილტრის გავლით | არა | არა |
| ორმაგკარიანი შესასვლელი | არა | არა |
| ჰაერგაუმტარი კარი | არა | არა |
| ჰაერგაუმტარი კარი შხაპთან ერთად | არა | არა |
| წინკარი | არა | არა |
| წინკარი შხაპთან ერთად | არა | არა |
| გამდინარე წყლის დამუშავება | არა | არა |
| **ავტოკლავი:** | | |
| ადგილზე | არა | სასურველია |
| ლაბორატორიულ ოთახში | არა | არა |
| გამჭოლი | არა | არა |
| ბიოუსაფრთხოების კაბინეტი | არა | სასურველია |
| პერსონალის უსაფრთხოების მონიტორინგის საშუალებები (მაგალითად, ფანჯარა, შიდა ტელევიზია, ორმხრივი კავშირი.) | არა | არა |

### → ძირითადი მოთხოვნები ბიოუსაფრთხოების I და II დონის ლაბორატორიის მოწყობისა და აღჭურვისადმი

ბიოუსაფრთხოების I დონის ლაბორატორია ძირითადად განკუთვნილია სასწავლო მიზნებისათვის და სასურველია უზრუნველყოფილი იყოს კარგი მიკრობიოლოგიური ტექნიკით (GMT). ასეთ ლაბორატორიებში მუშაობა მიმდინარეობს ღიად და ბიოუსაფრთხოების მიზნით განსაკუთრებულ აღჭურვილობას არ საჭიროებენ.

ბიოუსაფრთხოების II დონის ლაბორატორია უმეტესად წარმოადგენს შემდეგი სახის უწყებებს: პირველადი ჯანდაცვის სამსახურს, პირველადი დონის საავადმყოფოს, დიაგნოსტიკურ, სასწავლო და საზოგადოებრივ ჯანდაცვას. ასეთი ლაბორატორია აღჭურვილი უნდა იყოს როგორც კარგი მიკრობიოლოგიური ტექნიკით (GMT), ასევე დამცავი ტანსაცმლით და მითითებული უნდა ჰქონდეს ბიოლოგიური საფრთხის ნიშანი. აქ დაშვებულია ღიად მუშაობა (იზოლირებული სათავსოების გარეშე), მხოლოდ პოტენციური აეროზოლებისთვის უნდა არსებობდეს სპეციალური ბიოუსაფრთხოების კაბინეტი (BSC).

### → საშიშროების ხარისხის მიხედვით პათოგენური ბიოლოგიური აგენტების კლასიფიცირება

საშიშროების ხარისხის მიხედვით პათოგენური ბიოლოგიური აგენტები, ანუ ინფექციური მიკროორგანიზმები იყოფა I, II, III და IV რისკის ჯგუფებად. ამგვარი დაყოფა მხოლოდ ლაბორატორიული სამუშაოსთვის გამოიყენება.

ა) პირველი რისკ-ჯგუფი (I რისკ-ჯგუფი)

ამ ჯგუფს განეკუთვნება ინდივიდისა და საზოგადოებისთვის დაბალი საშიშროების მქონე მიკროორგანიზმები.

ბ) მეორე რისკ-ჯგუფი (II რისკ-ჯგუფი)

საშუალო ინდივიდუალური და შეზღუდული საზოგადოებრივი საშიშროების მქონე მიკროორგანიზმები, ანუ, ამ პათოგენებს შესწევთ უნარი გამოიწვიონ ადამიანის და ცხოველის დაავადება, თუმცა ჩვეულებრივ პირობებში არ წარმოადგენენ სერიოზულ საფრთხეს ლაბორატორიის პერსონალის, საზოგადოების, შინაური ცხოველებისა და გარემოსათვის. ამ ჯგუფის პათოგენების ზემოქმედება იშვიათად განაპირობებს მძიმე ინფექციურ დაავადებას, შესაძლებელია ეფექტური პრევენცია და მკურნალობა, ხოლო გავრცელების რისკი შეზღუდულია.

გ) მესამე რისკ-ჯგუფი (III რისკ-ჯგუფი)

მაღალი ინდივიდუალური და დაბალი საზოგადოებრივი რისკის მქონე მიკროორ-

განიზმები, ანუ პათოგენები, რომლებიც ჩვეულებრივ იწვევენ ადამიანის და ცხოველის მძიმე დაავადებას (შესაბამისად, სერიოზულ ეკონომიკურ ზარალს), მაგრამ არ ვრცელდებიან კონტაქტური გზით და შესაძლებელია მკურნალობა ანტიმიკრობული ან ანტიპარაზიტული საშუალებებით.

დ) მეოთხე რისკ-ჯგუფი (IV რისკ-ჯგუფი)

მაღალი ინდივიდუალური და საზოგადოებრივი რისკის მიკროორგანიზმები, ანუ პათოგენები, რომელთაც ჩვეულებრივ პირობებშიც შესწევთ უნარი გამოიწვიონ ადამიანისა და ცხოველის ძალზე მძიმე (ხშირად განუკურნავი) დაავადებები, შესაძლებელია მათი გადატანა ერთი ინდივიდიდან მეორეზე ან ცხოველიდან ადამიანზე (და პირიქით) შემთხვევითი კონტაქტების გზით.

### → ლაბორატორიაში სინჯებთან უსაფრთხო მოპყრობის წესები

ლაბორატორიაში მაქსიმალურად უნდა იყოს დაცული სინჯებთან უსაფრთხოდ მოპყრობის წესები. სინჯებთან მიმართებაში არასწორი ქმედებები (მათი შეგროვება, ტრანსპორტირება და მათთან მუშაობა) ლაბორატორიის თანამშრომელთა დაინფიცირების დიდ რისკს შეიცავს. ეს წესები ითვალისწინებს შემდეგს:

**სინჯების კონტეინერები** მინის, ან უმჯობესია მაგარი პლასტიკატისგან იყოს დამზადებული. თავდახურული კონტეინერიდან მასალა არ უნდა ჟონავდეს. კონტეინერს იარლიყი სწორად უნდა ეკრას, რათა მოხდეს ლაბორატორიაში მისი იდენტიფიკაცია.

დაწესებულების შიგნით **სინჯების ტრანსპორტირებისას**, მასალის შემთხვევით გაჟონვის ან დაკარგვის თავიდან ასაცილებლად, იყენებენ სპეციალურ, მეორად კონტეინერებს (მაგალითად, შტატივებით აღჭურვილი ყუთები, რომლებშიც სინჯებიანი კონტეინერები არ გადაყირავდება). მეორადი კონტეინერი ლითონის ან პლასტიკატის, ავტოკლავირებადი და ქიმიური სადეზინფექციო საშუალებების მიმართ მდგრადი უნდა იყოს. სასურველია, კონტეინერის სახურავს ჰქონდეს შუასადები. მათი დეკონტამინაცია რეგულარულად უნდა მიმდინარეობდეს.

დიდი რაოდენობით **სინჯების მისაღებად** სპეციალური ოთახი უნდა იყოს გამოყოფილი.

**სინჯიანი სინჯარების გახსნა და შიგთავსის გადარჩევა** ბიოლოგიური უსაფრთხოების კაბინეტებში ხდება. აუცილებელია იქვე არსებობდეს სადეზინფექციო საშუალებები. ის თანამშრომლები, რომლებიც იღებენ და ხსნიან სინჯებს, უნდა აცნობიერებდნენ ჯანმრთელობის პოტენციურ რისკს, და გავლილი უნდა ჰქონდეთ სპეციალური ტრეინინგი. აუცილებელია ხელთათმანების ხმარება. რეკომენდებულია

აგრეთვე თვალისა და ლორწოვანი გარსის დაცვა (სათვალე და სახის ფარი). დამცავ ტანსაცმელს პლასტიკატის წინსაფარი უნდა დაემატოს. შიგთავსის გადმოღვრის თავიდან ასაცილებლად, უმჯობესია საცობი ქაღალდით ან დოლბანდით მოიხსნას.

### → ლიოფილიზებული ინფექციური მასალის შემცველი ამპულების გახნა

ლიოფილიზებული ინფექციური მასალის შემცველი ამპულების გახსნის დროს საჭიროა სიფრთხილე, ვინაიდან მათში წნევა შესაძლოა დაწეული იყოს, და ჰაერის სწრაფმა შესვლამ შიგთავსის ნაწილობრივ გარეთ გამოსვლა გამოიწვიოს. ამპულები ყოველთვის ბიოლოგიური უსაფრთხოების კაბინეტში უნდა გაიხსნას. ამპულების გახსნის დროს რეკომენდებულია შემდეგი პროცედურების ჩატარება:

- პირველ რიგში უნდა ჩატარდეს ამპულის გარეთა ზედაპირის დეკონტამინაცია;
- ამპულის გაქლიბვის დროს, ხელის დაცვის მიზნით, ამპულის დაჭერა უნდა მოხდეს სპირტით გაჟღენთილი ბამბის ტამპონით;
- ზედა ნაწილი ფრთხილად უნდა მოძვრეს და დამუშავდეს, როგორც კონტამინირებული მასალა.
- თუ ამპულის გახსნის შემდეგ საცობი კვლავ შიგ დარჩა, მისი ამოღება სტერილური პინცეტით უნდა განხორციელდეს;
- აქაფების თავიდან აცილების მიზნით, გამხსნელი სითხე ნელა უნდა ჩაესხას.

### → ლიოფილიზირებული ინფექციური მასალის შემცველი ამპულების შენახვის წესები

ინფექციური მასალის შემცველი ამპულები თხევად აზოტში არ უნდა ჩაიყურსოს, ვინაიდან ამოღების დროს, გაბზარული ან არასწორად დარჩილული ამპულები შეიძლება გატყდეს ან გასკდეს. ძალიან დაბალ ტემპერატურაზე მოთავსებისას, იგი უნდა შევინახოთ მხოლოდ აიროვან ფაზაში, რომელიც თხევადი აზოტის ზევით წარმოიქმნება. სხვა ვარიანტი შეიძლება იყოს ინფექციური მასალის მექანიკურ, ღრმა გაყინვის კაბინეტში, მშრალ ყინულში შენახვა. თანამშრომლები, რომლებიც ამპულებს ცივი საცავიდან იღებენ, უნდა ატარებდნენ თვალისა და ხელის დამცავ საშუალებებს. ცივი საცავიდან ამოღების შემდეგ, ამპულების გარეთა ზედაპირი უნდა დეზინფიცირდეს.

### → ინფექციური მასალის გაფრქვევის თავიდან აცილების ტექნიკა

- იმისთვის, რომ თავიდან ავიცილოთ ზედმეტი მასალის ჩამოწვეთა, მიკრობიოლოგიური მარყუჟი მთლიანად უნდა შეიკრას და მისი დიამეტრი 2–3 მმ-ს არ

უნდა აღემატებოდეს. ვიბრაციის მინიმუმამდე დასაყვანად, ტარის სიგრძე 6 სმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს;

- ბანსენის ალში მარყუჟის გამოწვის დროს, შხეფების წარმოქმნის თავიდან აცილების მიზნით, მარყუჟების სასტერილიზაციოდ გამოიყენება ელექტრული მიკროინსინერატორი. უმჯობესია პლასტმასის ერთჯერადი მარყუჟის გამოყენება, რომელთაც გამოწვა არ სჭირდება;
- ავტოკლავირებისთვის და/ან გასანადგურებლად განკუთვნილი სინჯები და კულტურები ჰაერგაუმტარ კონტეინერში (მაგალითად, ლაბორატორიული ნარჩენების პარკში) უნდა მოთავსდეს. კონტეინერში ნარჩენების მოთავსებამდე, პარკის თავი უნდა დაიხუროს (მაგალითად, ავტოკლავის ლენტით);
- სამუშაოს შესრულების შემდეგ უნდა ჩატარდეს სამუშაო ადგილის დეკონტამინაცია შესაბამისი დეზინფექტანტით.

→ **ინფექციური მასალის პირის ღრუში მოხვედრის, კანთან და თვალებთან კონტაქტის თავიდან აცილების ტექნიკა**

- მიკრობიოლოგიური სამუშაოს დროს წარმოქმნილი დიდი ზომის ნაწილაკები და წვეთები (>5 μm) სამუშაო მაგიდასა და ოპერატორის ხელებზე ადვილად რჩება. საჭიროა ერთჯერადი ხელთათმანების გამოყენება. ლაბორატორიის თანამშრომლები უნდა მოერიდონ ხელის შეხებას პირთან, თვალებსა და სახესთან;
- ლაბორატორიაში არ უნდა მოიხმარებოდეს და ინახებოდეს საკვები და სასმელი;
- ლაბორატორიის პირობებში დაუშვებელია პირის ღრუში რაიმე ნივთის (კალმისტრის, ფანქრის, საღეჭი რეზინის) ჩადება;
- ლაბორატორიაში არ შეიძლება კოსმეტიკური საშუალებების გამოყენება;
- ნებისმიერი სამუშაოს ჩატარების დროს, რომელსაც შეიძლება ინფექციური მასალის გაშხეფება მოჰყვეს, უნდა გამოიყენონ სახის, თვალებისა და პირის დამცავი საშუალებები.

## შესაბამისობა სანიტარულ-ჰიგიენური სტანდარტებთან

→ **ლაბორატორიის ზოგადი აღწერა**

- გამართული მუშაობისთვის აუცილებელია შესაბამისი რაოდენობის ოთახებითა და სათავსოებით ლაბორატორიის უზრუნველყოფა. ოთახები, სადაც პათო-

გენებთან მუშაობა ხორციელდება, ცალკე შენობასა ან შენობის იზოლირებულ ნაწილში უნდა იყოს და ე.წ. „სუფთა” და „ჭუჭყიან” ზონებში არანაკლებ ორი შესასვლელი ჰქონდეს. „სუფთა” და „ჭუჭყიანი” ზონები ერთმანეთს არ უნდა კვეთდეს.

- ლაბორატორიულ სივრცეს ჰყოფენ შემდეგ აუცილებელ ზონებად:

ა) ქიმიური ანალიზებისთვის;

ბ) მიკრობიოლოგიური ანალიზებისთვის;

გ) შესანახი სათავსო ქიმიური რეაქტივებისთვის, მათ შორის მჟავის, ტუტის, ორგანული გამხსენელებისა და სხვა აგრესიული სითხეებისთვის, ასევე ძლიერ ტოქსიკური და აალებადი მასალისთვის;

დ) ტექნიკური აირების სათავსო;

ე) იზოლირებული სივრცე სამუშაო ფორმის/ხალათის, ბახილების ჩასაცმელად.

- თითოეულ სივრცეს აქვს სპეციფიკური მოთხოვნები. ლაბორატორიის სივრცის ზედაპირები (ჭერი, იატაკი, კედლები) და ავეჯი უნდა იყოს გლუვი, სარეცხი და სადეზინფექციო საშუალებებისადმი მდგრადი. ლაბორატორიაში აუცილებელია პირველი სამედიცინო დახმარების ყუთის და ხანძარსაწინააღმდეგო საშუალებების არსებობა. გამოსაჩენ ადგილზე უნდა გამოიკრას ევაკუაციის გეგმა, გადაუდებელი დახმარების სამსახურების კონტაქტები, უსაფრთხოებისა და გამაფრთხილებელი ნიშნები, ასევე შინაგანაწესი (ლაბორატორიაში გამოცხადების, ქცევის და სხვ.), შიდა სტანდარტები და სამუშაო ინსტრუქციები. უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ინტერნეტთან და კომუნიკაციის სხვა საშუალებებთან წვდომა.
- ჭერის სიმაღლე - არანაკლებ 3 მეტრი;
- კარის სიგანე - არანაკლებ 0,90 მ. კარი უნდა იღებოდეს გარეთ და იკეტებოდეს ჰერმეტულად. განყოფილებაში შემავალი კარი უნდა იყოს ყრუ. ლაბორატორიის კარზე შუშის არსებობის შემთხვევაში, შუშა უნდა იყოს ტონირებული 25 %-იანი დაბურვით;
- ფანჯარა უნდა იკეტებოდეს ჰერმეტულად. შუშა უნდა იყოს ტონირებული 25 %-იანი დაბურვით;
- იატაკი - ქიმიურად მდგრადი რეცხვადი ზედაპირით ან მეტლახით;
- ელექტრობა - ფაზა/0, ფაზა/3. სავალდებულოა დამიწება;
- ქიმიური რეაქტივების და ქიმიური ნარჩენების სათავსოში განათება უნდა იყოს ბუნებრივი და ხელოვნური. ვენტილაცია უნდა ხორციელდებოდეს მაღალი ბრუნვის ვენტილატორით. ჰაერცვლა 1 საათში 20-ჯერადს მაინც უნდა შეადგენდეს;

- მაგიდების სამუშაო ზედაპირი უნდა იყოს ცეცხლგამძლე და ადვილად რეცხვადი, მდგრადი წყლის, მჟავას, ტუტის, სარეცხი და სადეზინფექციო საშუალებების მიმართ.

→ **წყალმომარაგება, გათბობა, ვენტილაცია, კონდიცირება ლაბორატორიაში**

- ლაბორატორია აღჭურვილი უნდა იყოს წყალმომარაგებით, კანალიზაციით, ელექტრომომარაგებით, ცენტრალური გათბობით, ვენტილაციით და კონდიცირებით;
- თანამშრომლების ხელის დასაბანად და ინვენტარის გასარეცხად, ლაბორატორიაში უნდა არსებობდეს წყლის ნიჟარები. ხელების შრობა ქაღალდით (ერთჯერადი ხელსახოცი) ან თბილი ჰაერის ნაკადში უნდა ხორციელდებოდეს;
- მუშაობისას გამწოვი კარადის წინა პანელი მაქსიმალურად დაშვებული უნდა იყოს, გამწოვის ვენტილაციის ჩამრთველი კარადის სიახლოვეს;
- ცენტრალური გათბობის სექციები უნდა იყოს ბრტყელი, სწორი ზედაპირით, ცხაურების გარეშე. კედლიდან სექციების დაშორება უნდა უზრუნველყოფდეს ყველა მხრიდან მათ გაწმენდა-დეზინფექციას. ასეთივე დაშორებით უნდა იყოს კედლიდან გათბობის მილები;
- ლაბორატორიის ვენტილაცია-კონდიცირება პროფილური ლაბორატორიისთვის განკუთვნილი საპროექტო ნორმატივის მიხედვით უნდა დაიგეგმოს. ვენტილაცია-კონდიცირების მოწყობილობის სქემა ისეთი უნდა იყოს, რომ დერეფნებში ჰაერის წნევა მეტი იყოს, ვიდრე სამუშაო ოთახებში. მიკრობიოლოგიურ ბოქსებში მიწოდებული ჰაერი ე.წ. HEPA ფილტრებზე გადის ფილტრაციას;
- ვენტილაცია უნდა იყოს ცენტრალური. ვენტილაცია-კონდიცირების სისტემა უნდა იყოს მომდენ-გამწოვი ტიპის. ამასთან, არეების მომზადების და ნიმუშის სანაალიზო ოთახებში (ბოქსებში), გაწოვის ვენტილაციის წნევა უნდა იყოს დაბალი (ანუ ჰაერის მიწოდება უნდა იყოს მეტი, ვიდრე გაწოვა - 1,2 კოეფიციენტით). მიკროკლიმატის საჭირო პარამეტრების უზრუნველსაყოფად, საჭიროების შემთხვევაში, შესაძლებელია „ზამთარი-ზაფხულის” სისტემების მონტაჟი;
- ჰაერცვლა 1 საათში უნდა შეადგენდეს: ქიმიურ ლაბორატორიაში 4-8-ჯერადს, გამწოვ კარადაში - 200-300-ჯერადს;
- კონდიცირება უნდა იყოს ცენტრალური, ინდივიდუალურად რეგულირებადი.

➔ **ფართობი, განათება, ტემპერატურა, ტენიანობა ლაბორატორიაში**

- ლაბორატორიაში ერთი პირის სამუშაო ადგილის დიაპაზონი არანაკლებ 60X120 სმ-ს, მაქსიმუმ 75X150 სმ-ს უნდა შეადგენდეს. მინიმალური გასასვლელი მანძილი სამუშაო ადგილებს შორის - 0,8-დან -1,9 მ-დე:
- საჭიროებს ბუნებრივ განათებას;
- ხელოვნური განათება - 750 ლუქსი. საჭიროების შემთხვევაში ასევე ინდივიდუალური განათება;
- ტემპერატურის დიაპაზონი 18-250 C
- ტენიანობა - RH 55±5%

➔ **ლაბორატორიაში გამოსაყენებელი ინდივიდუალური დამცავი საშუალებები:**

- ხელთათმანი;
- ხალათი;
- წინსაფარი;
- ბახილები;
- რესპირატორი;
- აირწინაღი;
- სახის ფარი;
- დამცავი სათვალე.

➔ **ლაბორატორიაში სტანდარტით დადგენილი სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნები:**

- ინდივიდუალური დამცავი საშუალებების გამოყენების წესების ცოდნა:
- ინდივიდუალური დამცავი საშუალებების შემოწმება მოხმარების წინ;
- ინდივიდუალური დამცავი საშუალებების პერიოდული შემოწმება;
- ინდივიდუალური დამცავი საშუალებების გამოყენების წესის სრულად დაცვა.
- სარეცხი საშუალებების გამოყენების წესების ცოდნა;
- სადეზინფექციო საშუალებების გამოყენების წესების ცოდნა;
- სადეზინფექციო საშუალებების შენახვის პირობების დაცვა;
- პირადი ჰიგიენის წესების დაცვა;
- ზოგადი ჰიგიენის საშუალებების გამოყენების წესების ცოდნა და დაცვა;
- დეზინფექციის და სტერილიზაციის (ადგილზე გარემოს დეკონტამინაცია, ხელის დაბანა/ხელების დეკონტამინაცია, მაღალი ტემპერატურით დეზინფექცია და სტერილიზაცია) ცოდნა და განხორციელება;
- ქიმიური ჰერმიციდების/დეზინფექტანტების გამოყენების წესების ცოდნა.

## → ნარჩენების მართვა

- ნარჩენების მართვა ხორციელდება საქართველოს კანონის „ნარჩენების მართვის კოდექსის" და ლაბორატორიის შინაგანაწესის შესაბამისად. კანონის ნახვა ამ ლინკზე შეიძლება https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2676416

## → ლაბორატორიაში აკრძალულია:

- დაზიანებული ვენტილაციის პირობებში მავნე ნივთიერებების გამოხდის, გადადენის, ექსტრაქციის, აორთქლების, დესტრუქციის მოქმედებათა შესრულება;
- გამწოვ კარადაში მუშაობისას გამწოვი ელემენტისთვის სახის მიშვერა;
- სუნსა და გემოზე უცნობი ნივთიერების გასინჯვა;
- იმ ჭურჭლის თავზე დახრა, რომელშიც მდუღარე ან ადვილად ასაორთქლებელი სითხეა მოთავსებული;
- მომწამვლელი, ძლიერმოქმედი, ფეთქებადსაშიში ნივთიერებებისა და გამხსნელების მარაგის შენახვა სამუშაო მაგიდებსა და სტელაჟებზე;
- უეტიკეტო რეაქტივების შენახვა და გამოყენება;
- სამუშაო სივრცეებში უცნობი ნივთიერებების შენახვა;
- მოწევა, საკვების შენახვა და მიღება, მიკრობიოლოგიის სივრცეში ქოთნის ყვავილების განთავსება;
- ინდივიდუალური დამცავი საშუალებების გარეშე მუშაობა;
- გამათბობელ ელემენტებზე რაიმეს გაშრობა.

## პრაქტიკული დავალება:

1. ლაბორატორიაში არსებულ ძირითად და დამხმარე მოწყობილობებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესების დაცვა;
2. მსხვრევად მასალასთან მუშაობის წესების დაცვა
3. ფეთქებადსაშიშ მასალასთან უსაფრთხოდ მუშაობის წესების დაცვა
4. აალებად მასალასთან უსაფრთხოდ მუშაობის წესების დაცვა
5. ლაბორატორიაში ორგანულ ნივთიერებებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესების დაცვა
6. ლაბორატორიაში არაორგანულ ნივთიერებებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესების დაცვა
7. ლაბორატორიაში ცოცხალ კულტურებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესების დაცვა

## კითხვები:

ჩამოთვალეთ ლაბორატორიაში არსებული ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობების ნუსხა

ჩამოთვალეთ ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორებით (წნევა, ტემპერატურა) გამოწვეული საფრთხეები

აღწერეთ ლაბორატორიაში არსებული ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობების მუშაობის ზოგადი პრინციპები

აღწერეთ მოწყობილობებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესები

აღწერეთ ლაბორატორიაში არსებული ფეთქებადსაშიშ, აალებად და მსხვრევად მასალასთან უსაფრთხოდ მუშაობის წესები

აღწერეთ ხანძარსაწინააღმდეგო ღონისძიებები

აღწერეთ ქიმიურ რეაქტივებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესები

აღწერეთ ცოცხალ კულტურებთან მუშაობის უსაფრთხოების წესები

აღწერეთ სანიტარული ნორმებით განსაზღვრული მოთხოვნები ბიოუსაფრთხოების I და II დონისადმი

აღწერეთ ლაბორატორიაში სტანდარტით დადგენილი სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნები

აღწერეთ ინდივიდუალური დამცავი საშუალებები და მათი გამოყენების წესი

აღწერეთ ბიოლოგიური უსაფრთხოების კაბინეტის გამოყენების წესი

აღწერეთ ნარჩენების მართვის წესები

აღწერეთ მავნე, თხევადი და აირადი მომწამლავი ნივთიერებების მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე

თავი 2

# ლაბორატორიის ხარისხის სისტემის მენეჯმენტი

*ამ თავის შესწავლის შემდეგ სტუდენტს შეეძლება ლაბორატორიის ხარისხის მენეჯმენტის მოთხოვნების განმარტება, შეუსაბამო გამოცდების/დაკალიბრების სამუშაოების ხარისხის უზრუნველყოფისა და მართვის მექანიზმების, შიდა აუდიტის პროცედურის აღწერა.*

## ხარისხის მენეჯმენტის ძირითადი მოთხოვნები

ცნობილია, რომ უკანასკნელ ათწლეულებში მსოფლიოში ტექნოლოგიების მძაფრმა განვითარებამ მატერიალური დოვლათის ზრდა გამოიწვია, რამაც თავის მხრივ, ახალი საერთაშორისო ეკონომიკური კავშირების ჩამოყალიბება და სხვადასხვა ქვეყანას შორის ექსპორტ–იმპორტის გააქტიურება განაპირობა. მსოფლიოს ქვეყნების დიდი უმრავლესობა აცნობიერებს, რომ წინსვლისა და განვითარებისთვის აუცილებელია საერთაშორისო ვაჭრობაში ჩართვა, რაც ბაზრის მზარდი ტენდენციებითაა განპირობებული.

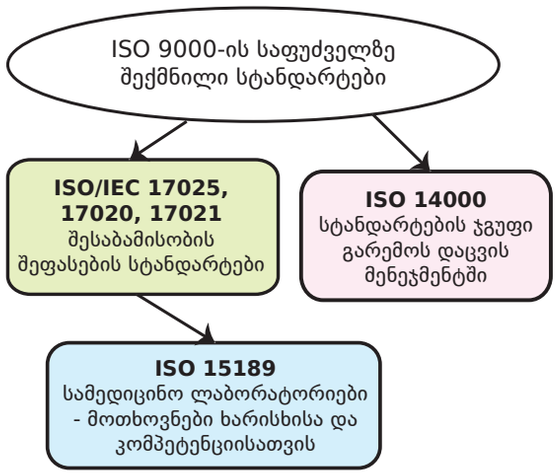
ბაზრის ათვისებისას, ძირითად ბარიერს საერთაშორისო ვაჭრობაში ინტეგრირების მსურველთათვის (ქვეყნები, საწარმოები) უმკაცრესი კონკურენცია წარმოადგენს. კონკურენციის დაძლევის მიზნით, პროდუქციის მიმწოდებელმა უნდა დააკმაყოფილოს ორი ძირითადი მოთხოვნა: პროდუქცია უნდა იყოს ხარისხიანი და კონკურენტუნარიანი.

პროდუქციის ხარისხი პირობითი ცნებაა. მაგალითად, რომელიმე ბიზნეს-ოპერატორი და მისი წარმოებული პროდუქცია შესაძლოა მოიწონონ ერთ ქვეყანაში, მაშინ როცა სხვა ქვეყანაში ის შესაძლოა სრულიად მიუღებელი იყოს და ადგილობრივ კანონმდებლობას არ აკმაყოფილებდეს. მსგავსი ბარიერების დასაძლევად, საერთაშორისო სავაჭრო სივრცეში შედგა შეთანხება, რომ პროდუქციის ხარისხთან დაკავშირებით შეიქმნას ერთიანი, ჰარმონიზებული სისტემა, რომლის მართვა, ანუ მენეჯმენტი ასევე საერთო იქნება.

საერთო მენეჯმენტის შექმნის მიზნით საჭირო გახდა საერთო მოთხოვნათა შემუშავება და შესაბამისად დადგა საერთაშორისო სტანდარტიზაციის აუცილებლობა.

## ISO სტანდარტების ზოგადი მიმოხილვა

სტანდარტიზაციის საერთაშორისო ორგანიზაცია (International Organization for Standardization – ISO) შეიქმნა 1947 წელს ქ. ჟენევაში (შვეიცარია). იურიდიულად იგი წარმოადგენს დამოუკიდებელ არასამთავრობო ორგანიზაციას, რომლის წევრები 163 ქვეყნის (2017 წლის მონაცემით) სტანდარტიზაციის სამსახურები არიან (დამატებითი




ინფორმაცოა შეგიძლიათ იხილოთ: www.iso.org-ზე).

ამ ორგანიზაციის ძირითად საქმიანობას წარმოადგენს ISO სტანდარტების შემუშავება, რაც მოიცავს პროდუქციის, მისი წარმოებისა და შესაბამისი მენეჯმენტის საერთაშორისო ვაჭრობისთვის აქტუალურ ნებისმიერ სფეროს.

ხარისხის მენეჯმენტის სისტემის სტანდარტები გაერთიანებულია ISO 9000 სტანდარტების ქვეშ.

## საგამოცდო და საკალიბრო ლაბორატორიების სტანდარტი

საგამოცდო და საკალიბრო ლაბორატორიების მენეჯმენტის სისტემის ფუნქციონირებისთვის ISO–სა და IEC–ის (საერთაშორისო ელექტრონული კომისია) მიერ 1999 წელს შემუშავდა ე.წ. ISO/IEC 17025:1999 სტანდარტი. დღეისთვის აქტუალური მეორე გამოცემა ISO/IEC 17025:2005 2005 წელს გამოქვეყნდა.

ეს სტანდარტი ითარგმნა ქართულად და საქართველოს სტანდარტის (სსტ) სახით „საქართველოს სტანდარტების, ტექნიკური რეგლამენტების და მეტროლოგიის ეროვნული სააგენტოს” მიერ 2010 წელს დამტკიცდა. შესაბამისად, საქართველოში გამოიყენება ასეთი დასახელების სტანდარტი: „სსტ ისო/იეკ 17025:2010 – საერთო მოთხოვნები საგამოცდო და საკალიბრებელი ლაბორატორიების კომპეტენტურობისადმი”

## ტერმინოლოგია

**აკრედიტაცია** - არის ოფიციალური საექსპერტო შეფასება, რომლის საფუძველზე, აკრედიტაციის ორგანო (ეროვნული ან საერთაშორისო), აკრედიტაციის მოწმობის გაცემით, ოფიციალურად აღიარებს შესაბამისობის შემფასებელი პირის კომპეტენტურობას შესაბამისობის შეფასების სფეროში განსაზღვრული (სპეციფიკური) საქმიანობის განსახორციელებლად (განმარტება: „პროდუქტის უსაფრთხოებისა და თავისუფალი მიმოქცევის კოდექსი” მუხლი 96–ის მიხედვით);

**სერტიფიკაცია** - არის ატესტაცია–განაცხადი, რომელიც ეფუძნება შემოწმების შედეგად მიღებულ გადაწყვეტილებას, პროდუქციის, პროცესების, სისტემებსა ან პირებთან დაკავშირებული დადგენილი (სტანდარტით, კანონით, რეგულაციით) მოთხოვნების შესრულების შესახებ;

**შესაბამისობის შეფასება** – პროცესის მსვლელობაა იმის დასადასტურებლად, რომ პროდუქციასთან, პროცესთან, სისტემასთან, პირთან ან ორგანოსთან დაკავშირებული დადგენილი მოთხოვნები სრულდება;

**აუდიტი** – დადგენილი მოთხოვნების შესრულების ხარისხის განსაზღვრის მიზნით ჩანაწერების, ფაქტების დაფიქსირების ან სხვა შესაბამისი ინფორმაციის მოპოვების სისტემატური, დამოუკიდებელი, დოკუმენტირებული პროცესი და მათი ობიექტური შეფასება;

**აკრედიტაციის ორგანო (AB)** – უფლებამოსილი ორგანო, რომელიც აკრედიტაციას ატარებს;

**შესაბამისობის შემფასებელი ორგანო** – ასრულებს შესაბამისობის შეფასების მომსახურებას;

**შემფასებელი** – პირი, რომელიც დადგენილი წესების (სტანდარტების) მიხედვით აფასებს ობიექტის (პროდუქცია, ქმედება) შესაბამისობას ამ ობიექტისთვის დადგენილ წესებთან, პროცედურებთან, სტანდარტებთან;

**აუდიტორი** – პირი, რომელიც დადგენილი წესების (სტანდარტების) შესაბამისად ატარებს აუდიტს;

**აკრედიტებული ლაბორატორია** – რომლის საქმიანობის კონკრეტული სფერო დადებითად შეფასდა აკრედიტაციის ორგანოს მიერ, რაც დადასტურებულია აკრედიტაციის ორგანოს მიერ გაცემული აკრედიტაციის მოწმობით, რომელსაც, თავის მხრივ, უნიკალური ნომერი და მკაცრად განსაზღვრული მოქმედების ვადა გააჩნია;

**გასაზომი რაოდენობა (მეზურანტი)** – გაზომვის რაოდენობრივი შედეგი, რომელსაც იძლევა უშუალოდ გამზომი მოწყობილობა. მაგალითად: სპექტრომეტრიის დროს, ანალიზის შედეგად ვღებულობთ ნივთიერების კონცენტრაციას. მაგრამ მოწყობილობა ზომავს ამ ნივთიერების მიერ შთანთქმული სინათლის რაოდენობას, რომელიც შემდეგ გადაანგარიშდება კონცენტრაციად. ამ შემთხვევაში მეზურანტი არის შთანთქმული სინათლის რაოდენობა.

**მეტროლოგია** – მეცნიერება გაზომვებისა და მათი გამოყენების შესახებ.

მეტროლოგია მოიცავს საქმიანობის სამ ძირითად მიმართულებას:

– საერთაშორისოდ აღიარებული გაზომვის ერთეულების განსაზღვრა (მაგალითად: მეტრი, კილოგრამი);

– გაზომვის ერთეულების აღწარმოება მეცნიერული მეთოდებით, ეტალონების შექმნა, განვითარება, მოვლა (მაგალითად, მეტრის აღწარმოება ლაზერის მეშვეობით);

– მიკვლევადობის ჯაჭვის ჩამოყალიბება, გაზომვის მნიშვნელობისა და სიზუსტის

განსაზღვრით და დოკუმენტირებით (რათა კილოგრამი ერთ ქვეყანაში იმავეს იწონიდეს, რასაც მეორე ქვეყანაში).

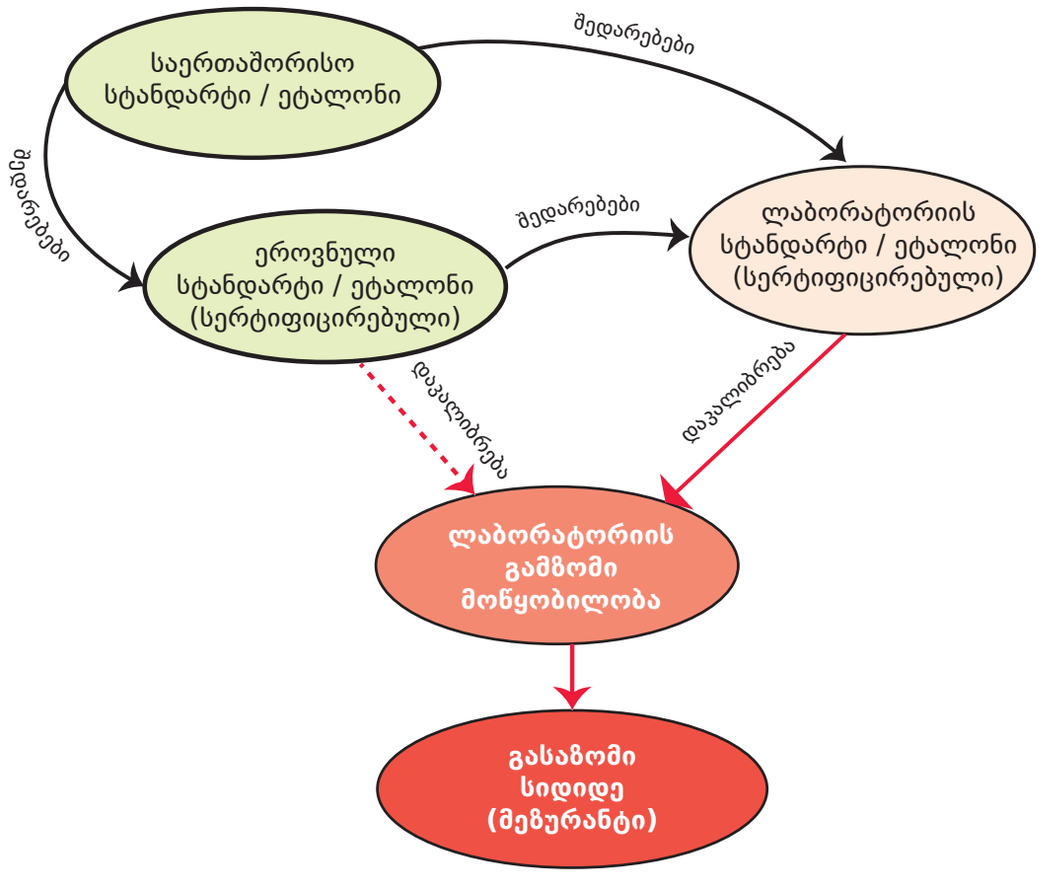
სირთულისა და სიზუსტის სხვადასხვა დონის მიხედვით, მეტროლოგია სამ კატეგორიად იყოფა:

1. სამეცნიერო (ფუნდამენტური) მეტროლოგია უკავშირდება გაზომვის პირველადი ეტალონების შექმნასა და განვითარებას, მათ მოვლას, შედარებების უზრუნველყოფას და ა.შ. ის ძირითადად გამოხატავს მოცემულ სფეროში უმაღლესი დონის სიზუსტეს;
2. სამრეწველო მეტროლოგია უზრუნველყოფს გაზომვის იმ საშუალებების სათანადო ფუნქციონირებას, რომლებიც გამოიყენება მრეწველობაში, წარმოებასა და საგამოცდო პროცესებში;
3. საკანონმდებლო მეტროლოგია უკავშირდება კომერციულ გარიგებებში, საგადასახადო მიზნებისთვის გამოყენებული გაზომვის საშუალებების დამოწმებას ტექნიკური რეგლამენტებით დადგენილი კრიტერიუმების შესაბამისად;

**განმეორებადობა** – არის დროის მცირე მონაკვეთში, ერთსა და იმავე ობიექტზე, ერთი და იმავე მოწყობილობითა და რეაქტივით, ერთნაირ გარემო პირობებში, ერთი პიროვნების მიერ ხუთი ან მეტი განმეორებითი ანალიზის ჩატარებისას მიღებული გამოცდის შედეგების შეფასება; კერძოდ, ფარდობითი სტანდარტული გადახრის, ვარიაციის კოეფიციენტისა და ფარდობითი ცდომილების განსაზღვრა;

**აღწარმოება** – ერთი და იმავე საკვლევი ნიმუშის გამოცდა სხვადასხვა პირობებში (მაგალითად: სხვადასხვა ადგილი, პიროვნება, გარემო პირობები და ა.შ.). ამ შემთხვევაში სასურველია განმეორებადობა იყოს არანაკლებ სამი. აღწარმოების ჩატარების მაგალითია პროფესიული ტესტირებები და ლაბორატორიათაშორისი გამოცდები (PT/ILC), როცა გარკვეული სტანდარტული პროცედურების ჩატარებით ხდება მიღებული შედეგების ურთიერთშედარება და შესაბამისი სიზუსტის ხარისხების დადგენა;

**მიკვლევადობა,** ანუ მეტროლოგიური მიკვლევადობა არის კონკრეტული გაზომვის საშუალების შესახებ ინფორმაცია, რომლითაც დგინდება ამ გაზომვის საშუალების კავშირი შესაბამისი გაზომვის ერთეულის ეტალონთან, შედარებების/დაკალიბრების უწყვეტი ჯაჭვის მეშვეობით, რომელთაგან თითოეულს აქვს ცნობილი განუსაზღვრელობა. გაზომვათა მიკვლევადობა მოითხოვს დაკალიბრების დადგენილ იერარქიას. მეტროლოგიური მიკვლევადობა არ უზრუნველყოფს გაზომვის გადახრას ან შეცდომების არარსებობას.




**განუსაზღვრელობა** – გაზომვის შედეგთან ბმული სიდიდე, რომელიც განსაზღვრავს ამ შედეგის სიზუსტის ხარისხზე გავლენის მქონე ყველა ფაქტორის (თეორიული და პრაქტიკულის) ერთობლიობას;

**განუსაზღვრელობის ბიუჯეტი** არის იმ ფაქტორთა ერთობლიობა, რომელიც გავლენას ახდენს განუსაზღვრელობაზე. გამოყოფენ ამ ბიუჯეტის A და B ტიპის გაფართოებას. A ტიპი გულისხმობს განმეორებადობისა და/ან აღწარმოების მონაცემებს, ხოლო B ტიპი – გამოყენებული კონკრეტული გაზომვის საშუალებების (მოწყობილობების, რეაქტივების, სტანდარტების და ა.შ.) მეტროლოგიურ მონაცემებს, რაც ხშირად მითითებულია შესაბამის სერტიფიკატებში;

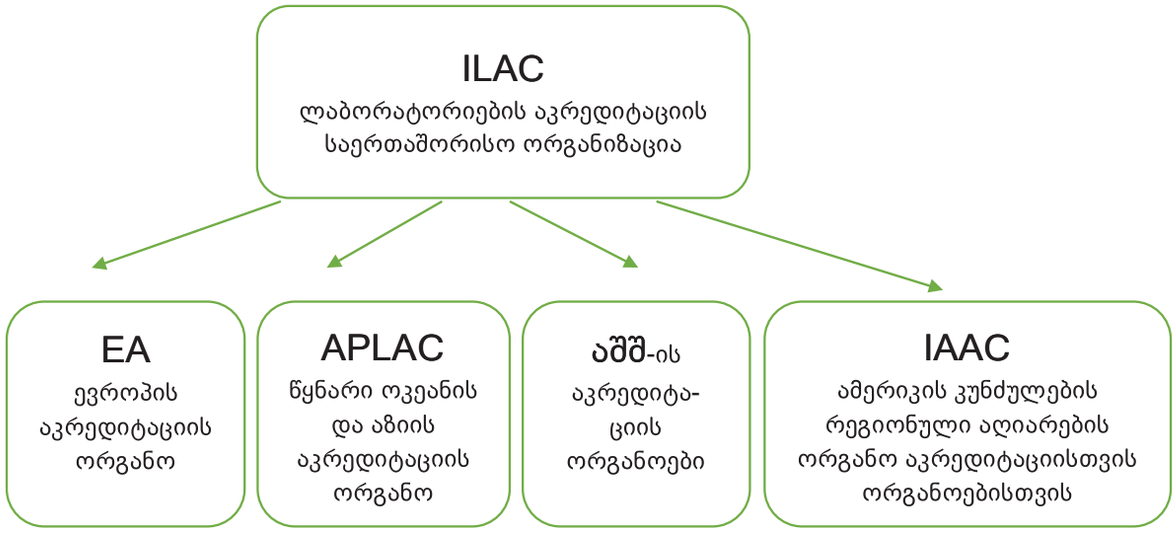
**ვერიფიკაცია** – პროცედურაა, რომელსაც ლაბორატორია ატარებს ახალი სტანდარტული მეთოდის პრაქტიკაში დანერგვის მიზნით;

**ვალიდაცია** – პროცედურაა, რომელიც ლაბორატორიამ უნდა ჩაატაროს იმ შემთხვევაში, თუ დანერგა ახალი (არასტანდარტული) გამოცდის მეთოდი ან თუ სტანდარტულ მეთოდში მნიშვნელოვანი ცვლილებებია შეტანილი. ამ პროცედურის შედეგად ხდება იმ კვლევებისა და ობიექტური მტკიცებულებების წარდგენა, რაც დაადასტურებს, რომ სპეციფიკური მიზნობრივი გამოყენებისათვის აუცილებელი მოთხოვნები სრულდება;

**SI სისტემა** – ერთეულთა საერთაშორისო სისტემაა.

## ISO/IEC17025 სტანდარტის ამოცანა და ძირითადი მოთხოვნები

### აკრედიტაციის იერარქია ISO/IEC17025 სტანდარტისთვის




მე-3 სურათზე გამოსახული რეგიონული ორგანიზაციები აერთიანებენ ეროვნული აკრედიტაციის ორგანოებს, რომლებიც მათ მიერ ISO 17011 სტანდარტის შესაბამისად არიან აღიარებული.

ILAC–ის ქვეშ გაერთიანებულ რეგიონულ ორგანიზაციებს შორის გაფორმებულია ურთიერთაღიარების მემორანდუმი, რომლის საფუძველზე, ერთ–ერთი მათგანის მიერ აღიარებული ეროვნული აკრედიტაციის ორგანოს მიერ აკრედიტებული ორგანიზაცია (ლაბორატორია), ცნობადია ყველა დანარჩენისთვის. საქართველოს აკრედიტაციის ორგანო მიეკუთვნება EA–ს.

დასკვნის სახით უნდა აღინიშნოს, რომ გამოცდების და დაკალიბრების შედეგების აღიარება სხვადასხვა ქვეყნის მიერ მიიღწევა, თუ ლაბორატორია მუშაობს ISO/IEC17025 სტანდარტის შესაბამისად და აკრედიტებულია აკრედიტაციის ორგანოს მიერ, რომელსაც, თავის მხრივ, დადებული აქვს ურთიერთაღიარების ხელშეკრულება წინამდებარე სტანდარტის გამომყენებელი სხვა ქვეყნების მსგავს ორგანოებთან. წინამდებარე სტანდარტის გამოყენებამ ხელი უნდა შეუწყოს თანამშრომლობას ლაბორატორიებსა და სხვა ორგანოებს შორის, აგრეთვე ინფორმაციის და გამოცდილების გაცვლის, სტანდარტების და პროცედურების ჰარმონიზაციას.

საქართველოში აკრედიტაციის ეროვნული წარმომადგენლობითი ორგანოა აკრედიტაციის ერთიანი ეროვნული ორგანო, აკრედიტაციის ცენტრი (www.gac.gov.ge).

**აკრედიტაციის ორგანოს მომხმარებლები**

სხვადასხვა სტანდარტით აკრედიტაციის მსურველი ორგანოებია (არ იგულისხმება განათლების სფერო):

- საგამოცდო და საკალიბრო ლაბორატორია;
- პროდუქტის სერტიფიცირების ორგანო;
- პერსონალის სერტიფიცირების ორგანო;
- მენეჯმენტის სისტემის აუდიტის და სერტიფიკაციის ორგანო;
- ინსპექტირების ორგანო;
- და სხვა.

სტანდარტი – „საერთო მოთხოვნები საგამოცდო და საკალიბრებელი ლაბორატორიების კომპეტენტურობისადმი – ISO/IEC17025" ორ ძირითად თავს მოიცავს: მოთხოვნები მენეჯმენტისადმი და ტექნიკური მოთხოვნები. ქვემოთ წარმოდგენილია შესაბამისი პარაგრაფები:

**ISO/IEC17025–ის მოთხოვნები მენეჯმენტისადმი (პუნქტი 4):**

4.1. ორგანიზაცია

4.2. მენეჯმენტის სისტემა;

4.3. დოკუმენტაციის კონტროლი;

4.4. მოთხოვნების, საიჯარო განაცხადებისა და კონტრაქტების მიმოხილვა;

4.5. გამოცდების და დაკალიბრების ქვეკონტრაქტები;

4.6. მომსახურების და მარაგის შეძენა;

4.7. მომხმარებლის მომსახურება;

4.8. საჩივრები;

4.9. შეუსაბამო გამოცდების და/ან დაკალიბრებების სამუშაოების მართვა;

4.10. გაუმჯობესება;

4.11. მაკორექტირებელი ქმედებები;

4.12. პრევენციული ქმედებები;

4.13. ჩანაწერების კონტროლი;

4.14. შიდა აუდიტი;

4.15. მენეჯმენტის მიმოხილვა.

**ISO/IEC17025–ის ტექნიკური მოთხოვნები (პუნქტი 5):**

5.1. ზოგადი დებულება;

5.2. პერსონალი;

5.3. სათავსო და გარემო პირობები;

5.4. გამოცდების და დაკალიბრების მეთოდები, მეთოდების ვალიდაცია;

5.5. მოწყობილობა;

5.6. გაზომვების მიკვლევადობა;

5.7. ნიმუშების აღება;

5.8. გამოცდების და დაკალიბრებების ობიექტებისადმი მოპყრობა;

5.9. გამოცდების და დაკალიბრებების შედეგების ხარისხის უზრუნველყოფა;

5.10. შედეგების ანგარიშგება.

## ლაბორატორიის პერსონალის უფლება–მოვალეობები, პასუხისმგებლობები

ლაბორატორიის ხელმძღვანელობას უნდა შეეძლოს იმის დადასტურება, რომ სპეციალურ მოწყობილობასთან მომუშავე ყველა პირი ატარებს გამოცდებსა და დაკალიბრების პროცედურებს, აფასებს შედეგებს, ხელს აწერს გამოცდის ოქმებს და დაკალიბრების სერტიფიკატებს, არის კომპეტენტური.

გამოცდების ოქმების შინაარსზე პასუხისმგებელი პერსონალი, გარდა შესაბამისი კვალიფიკაციის, მომზადების, გამოცდილებისა და ჩასატარებელი გამოცდების დამაკმაყოფილებელი ცოდნისა, აუცილებლად უნდა ფლობდეს ცოდნას გამოსაცდელი ობიექტების, წარმოების ტექნოლოგიის, მასალებისა და პროდუქციის გამოყენების, ასევე სავარაუდო გამოყენების, მომსახურებისას წუნის და ხარისხის შესაძლო გაუარესების შესახებ. პერსონალი უნდა იცნობდეს კანონმდებლობასა და სტანდარტებში მოცემულ ძირითად მოთხოვნებს, უნდა გააჩნდეს შესაბამისი საკვლევი ობიექტის თვისებების/ხარისხის ნორმიდან გადახრის აღმოჩენისა და მნიშვნელობის გაცნობიერების უნარი.

თუ ლაბორატორია იყენებს კონტრაქტით მოწვეულ პერსონალს ან პერსონალს, რომელიც დამატებით ტექნიკურ ან პროფესიულ სამუშაოს ასრულებს, ლაბორატორია უნდა დარწმუნდეს, რომ ის კომპეტენტურია და ლაბორატორიის მენეჯმენტის სისტემის შესაბამისად კონტროლდება.

მოსწავლე-შეგირდების აყვანის შემთხვევაში, უზრუნველყოფილი უნდა იყოს მათი ზედამხედველობა. სპეციფიკური ამოცანები პერსონალს ევალება მისი განათლების, მომზადების, გამოცდილების და/ან გამოვლენილი ოსტატობის გათვალისწინებით.

ტექნიკურ სფეროში შეიძლება არსებობდეს ზოგიერთი დავალების შემსრულებელი პერსონალის სერტიფიკაციის მოთხოვნა. ამ შემთხვევაში, ლაბორატორია პასუხისმგებელია დადგენილი მოთხოვნების შესასაბამისად უზრუნველყოს პერსონალის სერტიფიკაცია. პერსონალის სერტიფიკაციისადმი მოთხოვნები შეიძლება იყოს რეგლა-

მენტირებული, სტანდარტში შეტანილი (კონკრეტული ტექნიკური სფეროსთვის) ან წარდგენილი მომხმარებლის მიერ.

ლაბორატორიის ხელმძღვანელობამ უნდა განსაზღვროს ლაბორატორიის პერსონალის განათლების, მომზადების და უნარ-ჩვევების ჩამოყალიბების მიზნები. ლაბორატორიას უნდა ჰქონდეს პერსონალის მომზადების საჭიროების გამოვლენის და განხორციელების პოლიტიკა და პროცედურები. მომზადების პროგრამა უნდა შეესაბამებოდეს ლაბორატორიის მიმდინარე და მომავალ ამოცანებს. აუცილებელია პერსონალის მომზადების შედეგიანობის შეფასება.

ლაბორატორიას უნდა ჰქონდეს საგამოცდო სამუშაოში ჩართული პერსონალის (ხელმძღვანელი, ტექნიკური, დამხმარე და ა.შ.) მიერ ჩასატარებელი სამუშაოების დაწვრილებითი აღწერა. სამუშაოების აღწერისას უნდა განისაზღვროს:

- ვალდებულებები გამოცდის და დაკალიბრების ჩატარებაში;
- ვალდებულებები გამოცდის და დაკალიბრების დაგეგმვასა და შედეგების შეფასებაში;
- ვალდებულებები მოსაზრებების და ახსნა-განმარტებების ფორმულირებაში;
- ვალდებულებები მეთოდების შემუშავებასა და მოდიფიკაციაში, აგრეთვე ახალი მეთოდების ვალიდაციაში;
- მოთხოვნილი სპეციალური ცოდნა და გამოცდილება;
- კვალიფიკაცია და მომზადების პროგრამები;
- ხელმღვანელობის ფუნქციები.

სპეციალურად შერჩეულ პერსონალს ლაბორატორიის ხელმღვანელობამ უნდა მისცეს ისეთი კონკრეტული სამუშაოების შესრულების უფლებამოსილება, როგორიცაა: ნიმუშის აღება, გამოცდა და დაკალიბრება, გამოცდის ოქმების გაფორმება და დაკალიბრების სერტიფიკატის გაცემა, მოსაზრებების და ახსნა-განმარტებების მომზადება, კონკრეტული მოწყობილობის ექსპლუატაცია. ლაბორატორიამ უნდა აწარმოოს ჩანაწერები ტექნიკური პერსონალის, მათ შორის, კონტრაქტით მომუშავე სპეციალისტების უფლებამოსილების, კომპეტენციის, პროფესიული და განათლების დონის, სწავლების, ოსტატობის და გამოცდილების შესახებ. ეს ინფორმაცია უნდა იყოს ხელმისაწვდომი და მოიცავდეს უფლებამოსილების და კომპეტენციის დადასტურების თარიღს.

### → ლაბორატორიის დოკუმენტაცია და მისი კონტროლი

ლაბორატორიამ უნდა შეიმუშაოს და შეინარჩუნოს ყველა დოკუმენტის (პრო-

ცედურები, ტექნიკური პირობები, დაკალიბრების ცხრილები, სქემები, ტექსტობრივი მასალა, შენიშვნები, პროგრამული უზრუნველყოფა, ნახაზები, გეგმები და ა.შ.) მართვის პროცედურები, რომლებიც მენეჯმენტის სისტემის ნაწილს (ლაბორატორიის მიერ შემუშავებული ან გარედან მიწოდებული) წარმოადგენს. ეს დოკუმენტები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს სხვადასხვა სახით: ნაბეჭდი ან ელექტრონული – ციფრული, ანალოგური, ფოტოგრაფიული ან ტექსტური სახით.

ლაბორატორიის მიერ შემუშავებული მენეჯმენტის სისტემის დოკუმენტებს უნდა ჰქონდეს უნიკალური იდენტიფიკაცია. ამ იდენტიფიკაციის ელემენტებს შორის უნდა იყოს გამოშვების და/ან შემოწმების თარიღი, გვერდების ნუმერაცია, გვერდების საერთო რიცხვი ან დოკუმენტის დასასრულის აღნიშვნა და ცნობები დოკუმენტის გამომშვები ორგანიზაციის შესახებ. უნდა მომზადდეს და ადვილად ხელმისაწვდომი იყოს ე.წ. „მასტერ-ლისტი" ან დოკუმენტების კონტროლის ექვივალენტური პროცედურა, რომელიც შეიცავს დოკუმენტების მიმდინარე რევიზიის, სტატუსის და მენეჯმენტის სისტემაში განაწილების კონკრეტულ შედეგებს, რათა თავიდან აიცილონ გაუქმებული და/ან მოძველებული დოკუმენტების გამოყენება.

დოკუმენტების ოფიციალური გამოცემები უნდ არსებობდეს ყველა უბანზე, სადაც ხორციელდება ლაბორატორიის ეფექტური საქმიანობისათვის მნიშვნელოვანი ძირითადი ოპერაციები.

დოკუმენტებში ცვლილებებს უნდა აანალიზებდეს და ამტკიცებდეს ის სამსახური, რომელმაც პირველადი ანალიზი ჩაატარა. შესაძლებელია ამ პროცედურის ჩასატარებლად სპეციალურად სხვა პირები დანიშნონ. დანიშნულ თანამშრომლებს უნდა შეეძლოთ საწყისი ინფორმაციის გამოყენება. თუ ეს პრაქტიკულად შესაძლებელია, შეცვლილი ან ახალი ტექსტი იდენტიფიცირებული უნდა იყოს შესაბამის დანართებში. თუ ლაბორატორიის დოკუმენტების მართვის სისტემა შემდგომი ცვლილების შეტანის მოლოდინში ცვლილების ხელით შეტანის საშუალებას იძლევა, მაშინ ასეთი ცვლილებების შეტანის პროცედურები და უფლებამოსილებანი მკაფიოდ უნდა იყოს განსაზღვრული. ცვლილებები უნდა იყოს სათანადოდ აღნიშნული, ვიზირებული და დათარიღებული. შემოწმებული დოკუმენტი ოფიციალურად, განმეორებით უნდა გამოიცეს.

მუდმივი გამოყენებისა და წარდგენილ მოთხოვნებთან შესაბამისობის უზრუნველსაყოფად, ლაბორატორიაში უნდა ტარდებოდეს დოკუმენტების პერიოდული ანალიზი და საჭიროების შემთხვევაში მათი გადახედვა. შიდა აუდიტის ან სხვა ქმედებების დროს შესაძლოა გაჩნდეს ახალი დოკუმენტის შექმნის საჭიროება. ამ დოკუმენტის შინაარსის

სპეციფიკიდან გამომდინარე, ლაბორატორიის ხელმძღვანელობა ავალებს შესაბამისი კვალიფიკაციის პერსონალს, შექმნას აღნიშნული დოკუმენტი, რომელიც სასურველია გადაიხედოს და საბოლოოდ დამტკიცდეს ხელმძღვანელობის მიერ.

გაუქმებული და/ან მოძველებული დოკუმენტების გამოშვების ან გამოყენების ადგილებიდან ამოღება ოპერატიულად ხორციელდება, რათა შემთხვევით არ გამოიყენონ. მოძველებული დოკუმენტები, რომლებიც იურიდიული ან ინფორმაციული მიზნით ინახება, შესაბამისად უნდა იყოს ნიშანდებული.

სხვადასხვა ლაბორატორიში შესაძლოა არსებობდეს ელექტრონული დოკუმენტების მართვის განსხვავებული სისტემა (ინტრანეტი, LIMS და სხვა). ნებისმიერ შემთხვევაში, ყველა ლაბორატორიას უნდა გააჩნდეს პროცედურები კომპიუტერულ სისტემებში შენახულ დოკუმენტებში ცვლილებების შეტანის აღსაწერად და სამართავად.

დოკუმენტების მნიშვნელობიდან გამომდინარე, ლაბორატორიის მენეჯმენტის სისტემაში არსებული დოკუმენტების არქივირების ხანგრძლივობა და ადგილმდებარეობა უნდა იყოს განსაზღვრული ლაბორატორიის ხელმძღვანელობის მიერ.

ლაბორატორიაში უნდა დადგინდეს გამოცდის და/ან დაკალიბრების ხარისხზე გავლენის მქონე მომსახურების და მარაგის შერჩევა/შეძენის წესი და პროცედურა(ები). უნდა არსებობდეს გამოცდის და/ან დაკალიბრების ჩატარებისთვის საჭირო სახარჯი რეაქტივების და მასალების შეძენის, მიღების და შენახვის პროცედურები.

ლაბორატორიამ უნდა უზრუნველყოს გამოცდის და/ან დაკალიბრების ხარისხზე გავლენის მქონე მარაგის, რეაქტივების და სახარჯი მასალების დაცულობა იმ დრომდე, სანამ არ გაკონტროლდება სტანდარტულ ან გამოცდის/დაკალიბრების მეთოდებით დადგენილ მოთხოვნებთან მათი შესაბამისობა. ეს მომსახურება და მარაგი უნდა შეესაბამებოდეს დადგენილ მოთხოვნებს. შესაბამისობის შემოწმების მიზნით განხორციელებული მოქმედებების შესახებ ჩანაწერები უნდა იყოს დაცული.

ლაბორატორია უნდა აფასებდეს გამოცდისა და დაკალიბრების ხარისხზე გავლენის მქონე მნიშვნელოვანი სახარჯი მასალის (მარაგის) და მომსახურების მიმწოდებლებს, ინახავდეს ჩანაწერებს ამ შეფასების შესახებ და მის მიერ დამტკიცებულ მომწოდებელთა ჩამონათვალს.

ლაბორატორიის მუშაობის შედეგების ხარისხზე გავლენის მქონე შესასყიდი პროდუქციის ან მომსახურების თითოეული ერთეულის (ლოტის) შესყიდვის დოკუმენტაცია უნდა მოიცავდეს ამ პროდუქციის ან მომსახურების აღწერის მონაცემებს. პროდუქციის ან მომსახურების გამოსაყენებლად დაშვებამდე, აღწერის მონაცემები უნდა გაანალიზდეს, ხოლო მისი ტექნიკური შინაარსი უნდა იყოს მისაღები. აღწერა შეიძლება მოიცავდეს ტიპს, კლასს, ხარისხს, ზუსტ იდენტიფიკაციას, სპეციფიკაციას, ნახაზებს, კონტროლის

ჩატარების ინსტრუქციას, სხვა ტექნიკურ მონაცემებს, გამოცდის შედეგების დამტკიცებას, მოთხოვნილი ხარისხისა და მენეჯმენტის სისტემის სტანდარტის ჩათვლით, რომლის შესაბამისად ისინი დამზადდა.

### მომხმარებელთა მომსახურება

ლაბორატორია უნდა თანამშრომლობდეს მომხმარებლებსა ან მათ წარმომადგენლებთან მოთხოვნის დაზუსტების და ლაბორატორიული საქმიანობის კონტროლის მიზნით. თანამშრომლობას საფუძვლად უნდა ედოს კონფიდენციალურობის პრინციპების დაცვა.

მომხმარებლისთვის მნიშვნელოვანია შედეგებზე დაფუძნებული ინფორმაციის ეფექტური გაცვლა, ტექნიკურ საკითხებზე რჩევები და სახელმძღვანელო მითითებები, აგრეთვე, მოსაზრებები და ახსნა-განმარტებები. კავშირი მომხმარებელთან უნდა შენარჩუნდეს მთელი სამუშაოს განმავლობაში, განსაკუთრებით გრძელვადიანი კონტრაქტების დროს. ლაბორატორიამ უნდა შეატყობინოს მომხმარებელს გამოცდის და/ან დაკალიბრების ჩატარებისას ყველა შეფერხების და მნიშვნელოვანი გადახრების შესახებ.

რეკომენდებულია ლაბორატორიას მომხმარებელთან ჰქონდეს დადებითი ან უარყოფითი ურთიერთობა (უკუკავშირი). ეს უნდა გამოიყენებოდეს მენეჯმენტის სისტემის და მომხმარებლის მომსახურების გასაუმჯობესებლად, გამოცდის და დაკალიბრების სრულყოფისთვის. ურთიერთობის მაგალითები მოიცავს მომხმარებლის უკმაყოფილების შესწავლას და მათთან ერთად გამოცდის და/ან დაკალიბრების შედეგების განხილვას.

### შეუსაბამო მომსახურება და მაკორექტირებელი ქმედება

ლაბორატორიას შემუშავებული უნდა ჰქონდეს ალგორითმი და პროცედურები იმ შემთხვევისთვის, თუ გამოცდის და/ან დაკალიბრების რომელიმე ასპექტი ან ამ სამუშაოს შედეგები არ შეესაბამება ლაბორატორიის პროცედურებს ან მომხმარებელთან შეთანხმებულ მოთხოვნებს.

თუ შეფასების შედეგები მიუთითებს შეუსაბამო სამუშაოს განმეორებაზე ან არსებობს ეჭვი საკუთარ ალგორითმსა და პროცედურებთან მოქმედებების შესაბამისობაზე, მაშინ საჭირო ხდება მაკორექტირებელი მოქმედებების დაუყოვნებლივ განხორციელება.

შეუსაბამო სამუშაოს, მენეჯმენტის სისტემით და ტექნიკური ოპერაციებით გათვალისწინებული პოლიტიკისა და პროცედურებისგან გადაცდენის გამოვლენის შემ-

თხვევებში, ლაბორატორიამ უნდა შეიმუშაოს პოლიტიკა და პროცედურა, ასევე, განსაზღვროს შესაბამისი უფლებამოსილებები მაკორექტირებელი მოქმედებების განსახორციელებლად.

მაკორექტირებელი ქმედებების მენეჯმენტზე მთავარი პასუხისმგებელი პირი ხარისხის მენეჯერია, რომელმაც უნდა განსაზღვროს ამ ქმედებების სტრატეგია და ოპტიმალურად შეარჩიოს ამ სტრატეგიის განმახორციელებელი კვალიფიციური პერსონალი.

შეუსაბამო მომსახურებისა და მაკორექტირებელი ქმედებების შესახებ ყველა სახის ინფორმაცია უნდა დარეგისტრირდეს სათანადო ოქმებად.

ლაბორატორია მუდმივად უნდა აუმჯობესებდეს საკუთარი მენეჯმენტის სისტემის შედეგიანობას, რისთვისაც ხელმძღვანელობის მიერ გამოიყენება ხარისხის სფეროს მიზნები, აუდიტის შედეგები, მონაცემთა ანალიზი, მაკორექტირებელი და გამაფრთხილებელი მოქმედებები და ანალიზი.

პრევენციული ქმედებების განხორციელების მოთხოვნის გაჩენის შემთხვევაში, აუცილებელია სამოქმედო გეგმის შემუშავება, დანერგვა და რეალიზაცია, რათა შემცირდეს მსგავსი შეუსაბამობის განმეორების ალბათობა, შეიძლება ასევე გამოიყენონ გაუმჯობესების ჩატარების შესაძლებლობა. პრევენციული ქმედებები ისეთი ოპერაციების ინიცირებასა და კონტროლს უნდა მოიცავდეს, რომლებიც მათ შედეგიანობას უზრუნველყოფს. პრევენციული ქმედება ისეთი პროცესია, რომელიც გაუმჯობესების ძიების და არა პრობლემების და საჩივრების იდენტიფიკაციისკენ არის მიმართული.

სამუშაო პროცედურების ანალიზის გარდა, პრევენციული ქმედება შეიძლება მოიცავდეს მონაცემების, მათ შორის ტენდენციებისა და რისკის ანალიზს, აგრეთვე კვალიფიკაციის შემოწმების შედეგებს.

### → ხარისხის სისტემის ჩანაწერები

ჩანაწერები შესაძლოა დაიყოს ორ ჯგუფად:

- ტექნიკური ჩანაწერები, როგორიცაა პირველადი დაკვირვებების და საწარმოო ჩანაწერები, ასევე დაკალიბრების და გამოცდის შედეგები;
- ჩანაწერები ხარისხის შესახებ, რაც მოიცავს შიდა აუდიტის ანგარიშებს, ხელმძღვანელობის მხრიდან ანალიზის შედეგებს, აგრეთვე ჩანაწერებს მაკორექტირებელი და გამაფრთხილებელი მოქმედებების შესახებ.

ლაბორატორიამუნდაშეიმუშაოსდაგამოიყენოსხარისხისადატექნიკურისაკითხების

შესახებ ჩანაწერების იდენტიფიკაციის, შეკრების, ინდექსაციის, ხელმისაწვდომობის, სისტემატიზაციის, შენახვის, წარმოებისა და ამოღების პროცედურები.

ჩანაწერები უნდა იყოს ადვილად წასაკითხი, ადვილად ხელმისაწვდომი და დაცული დაზიანების, გაფუჭებისა და დაკარგვისგან. უნდა დადგინდეს ჩანაწერების შენახვის ვადები. თუ ჩანაწერებში შეცდომები აღმოჩნდება, მაშინ თითოეული შეცდომა უნდა გადაიხაზოს და გვერდით მიეწეროს სწორი მნიშვნელობა. ყველა მსგავსი ცვლილება უნდა იყოს ხელმოწერილი ან ვიზირებული ცვლილების შემტანი პირის მიერ.

ყველა ჩანაწერი უნდა ინახებოდეს უსაფრთხოებისა და კონფიდენციალობის დაცვით. ჩანაწერების შენახვა შესაძლებელია ინფორმაციის ნებისმიერ მატარებელზე, მაგალითად, ქაღალდზე ან ელექტრონულად. ლაბორატორიას უნდა ჰქონდეს ელექტრონულ მატარებლებზე ჩანაწერების დაცვის, აღდგენის, აგრეთვე არასანქცირებული შეღწევის და ცვლილებების შეტანის თავიდან აცილების პროცედურები. თუ ჩანაწერები ელექტრონული სახით ინახება, მაშინ საწყისი მონაცემების დაკარგვის ან არასანქცირებული ცვლილების თავიდან ასაცილებლად მისაღებია შესაბამისი ზომები.

### → შეუსაბამო გამოცდების/დაკალიბრების სამუშაოების ხარისხის უზრუნველყოფისა და მართვის მექანიზმების აღწერა

- **ლაბორატორიის სათავსო და გარემო პირობები**

ლაბორატორიაში არსებული გამოცდის და/ან დაკალიბრების ჩატარების ხელშემწყობი პირობები (ენერგიის წყაროები, განათება და გარემო პირობები) უნდა უზრუნველყოფდეს გამოცდის და/ან დაკალიბრების სათანადო დონეზე შესრულებას. ლაბორატორიამ უნდა უზრუნველყოს, რათა გარემო პირობები ნეგატიურად არ მოქმედებდეს შედეგების სარწმუნოებაზე ან უარყოფით გავლენას არ ახდენდეს გაზომვების ხარისხზე. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ისეთ შემთხვევებს, როდესაც ნიმუშის აღება და გამოცდის და/ან დაკალიბრების სამუშაოები ლაბორატორიის გარეთ, საველე პირობებში ტარდება. ტექნიკური მოთხოვნები სათავსების და გარემო პირობების მიმართ, რომლებმაც შეიძლება გავლენა იქონიოს გამოცდის ან დაკალიბრების შედეგებზე, უნდა იყოს დოკუმენტირებული და გაცხადებული.

ტექნიკური მოთხოვნების, მეთოდებისა და პროცედურების შესაბამისად, ლაბორატორია უნდა აკონტროლებდეს და არეგისტრირებდეს გარემო პირობებს, თუ ისინი შედეგების ხარისხზე გავლენას ახდენენ. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს

ბიოლოგიურ სტერილობას, მტვერს, ელექტრომაგნიტურ დაბრკოლებებს, რადიაციას, ტენიანობას, ელექტრომომარაგებას, ტემპერატურას, ხმაურის დონეს და ვიბრაციას. თუ გარემო პირობები საფრთხეს უქმნის გამოცდის და/ან დაკალიბრების შედეგებს, გამოცდა და დაკალიბრება უნდა შეწყდეს.

ერთმანეთისგან საიმედოდ უნდა იყოს იზოლირებული ის მეზობელი უბნები, რომლებშიც ერთმანეთთან შეუთავსებელი სამუშაოები ტარდება. ურთიერთგავლენის ასაცილებლად შესაბამისი ზომები უნდა მიიღონ. საჭიროა გაკონტროლდეს შესაბამისობა და გამოყენების შესაძლებლობა ისეთი უბნებისა, რომლებიც გამოცდის და/ან დაკალიბრების ხარისხზე გავლენას ახდენს. კონკრეტული ვალდებულებების საფუძველზე კონტროლის ხარისხის დონეს ადგენს თავად ლაბორატორია.

ლაბორატორიაში წესრიგისა და სისუფთავის უზრუნველსაყოფად შესაბამის ზომებს იღებენ. აუცილებლობის შემთხვევაში საჭიროა სპეციალური პროცედურების შემუშავება.

- **ტესტირების სტანდარტული და არასტანდარტული მეთოდების გამოყენება (ვერიფიკაცია/ვალიდაცია)**

საანალიზო მეთოდები შესაძლებელია სხვადასხვა წყაროდან შეირჩეს. მაგალითად, წარმომავლობის მიხედვით მეთოდები შემდეგნაირად კლასიფიცირდება: ოფიციალურად აღიარებული მეთოდები, სტანდარტები, რეგულაციები, ინსტრუქციები, მოწყობილობების მწარმოებლების მითითებები, სამეცნიერო კვლევები, ოფიციალური მეთოდების ვარიაციები, ლაბორატორიაში შექმნილი და აპრობირებული მეთოდები და ა.შ.

ლაბორატორიამ თავის საქმიანობაში უნდა გამოიყენოს საქმიანობის შესაბამისი სფეროს მეთოდები და პროცედურები. ისინი მოიცავს ნიმუშის აღებას, გამოსაცდელი და/ან დასაკალიბრებელი ობიექტების ტრანსპორტირებას, შენახვას და მომზადებას, გაზომვის განუსაზღვრელობას, აგრეთვე გამოცდის და/ან დაკალიბრების მონაცემების სტატისტიკური ანალიზის მეთოდებს. ლაბორატორიაში უნდა არსებობდეს ყველა შესაბამისი მოწყობილობის გამოყენებისა და მართვის, გამოსაცდელი და/ან დასაკალიბრებელი ობიექტების მომზადების, მოპყრობის ინსტრუქციები და სტანდარტული პროცედურები (SOP). ასეთი SOP–ების არარსებობამ, გამოცდის და/ან დაკალიბრების შედეგები შესაძლოა ეჭვის ქვეშაც დააყენოს.

ლაბორატორიის სამუშაოებთან დაკავშირებული ყველა ინსტრუქცია, სტანდარტი, სახელმძღვანელო და საინფორმაციო მონაცემი უნდა იყოს აქტუალიზებული და პერსონალისთვის ხელმისაწვდომი.

ლაბორატორიამ უნდა გამოიყენოს გამოცდის და/ან დაკალიბრების ის მეთოდები (ნიმუშის აღების მეთოდების ჩათვლით), რომლებიც მომხმარებლის მოთხოვნილებებს პასუხობს და შესაბამისი გამოცდის და/ან დაკალიბრებისთვის ვარგისია. უპირატესად უნდა გამოიყენებოდეს საერთაშორისო, რეგიონულ ან ეროვნულ სტანდარტებში გაწერილი მეთოდები.

თუ მომხმარებელმა თავად არ მიუთითა გამოსაყენებელი მეთოდი, მაშინ ლაბორატორიამ უნდა აირჩიოს ის მეთოდი, რომელიც მოცემულია საერთაშორისო, რეგიონულ ან ეროვნულ სტანდარტებში, რეკომენდებულია ავტორიტეტული ტექნიკური ორგანიზაციების მიერ, აღწერილია შესაბამის მეცნიერულ სტატიებსა და ჟურნალებში ან რეკომენდებულია მოწყობილობის დამამზადებლის მიერ. შესაძლებელია აგრეთვე ლაბორატორიის მიერ შემუშავებული ან მიღებული მეთოდების გამოყენებაც, თუ ისინი გამოსადეგია და შეფასებული. მომხმარებელს უნდა შეატყობინონ არჩეული მეთოდის თაობაზე.

გამოცდისა და დაკალიბრების გაწერილი მეთოდებიდან გადახრები დასაშვებია მათი დოკუმენტური გაფორმების, ტექნიკური დასაბუთების, მომხმარებლის მოწონებისა და თანხმობის პირობით.

როდესაც ლაბორატორია თავის პრაქტიკაში ახალ მეთოდს ნერგავს (თუნდაც ის სტანდარტული მეთოდი იყოს), საჭიროა დადასტურდეს (ჩატარდეს ვერიფიკაცია) კონკრეტულ ლაბორატორიულ პირობებში ამ მეთოდის სწორად გამოყენების შესაძლებლობა. სტანდარტული მეთოდის შეცვლისას ვერიფიკაცია უნდა განმეორდეს. ვერიფიკაციისას მოწმდება აღნიშნული მეთოდით გამოცდის ჩასატარებლად საჭირო კვალიფიციური პერსონალის და სათანადო მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის (მოწყობილობები, რეაქტივები, ელექტრობა, გარემო პირობები და ა.შ.) ლაბორატორიაში არსებობა, ასევე მეთოდის აღმოჩენის ზღვარი, წრფივობა, აღწარმოება და განმეორებადობა. სიტუაციიდან გამომდინარე, ყოველთვის არ არის აუცილებელი ყველა ამ მონაცემის დადგენა.

თუ ლაბორატორიაში ახალი (არასტანდარტული) გამოცდის მეთოდი დაინერგა, ან თუ სტანდარტულ მეთოდში მნიშვნელოვანი ცვლილებები შეიტანეს, უნდა ჩატარდეს მეთოდის ვალიდაციის პროცედურა, რომლის დროსაც დგინდება: მეთოდის აღმოჩენის ზღვრები, მგრძნობელობა, სპეციფიურობა, წრფივობა, სიზუსტე, აღწარმოება, განმეორებადობა, განუსაზღვრელობის შეფასება. ვალიდაცია (კვლევებისა და ობიექტური მტკიცებულებების წარდგენის გზით) ადასტურებს, რომ სრულდება სპეციფიკური მიზნობრივი გამოყენებისთვის წარდგენილი მოთხოვნები. სიტუაციიდან გამომდინარე, ყო-

ველთვის არ არის აუცილებელი ყველა ამ მონაცემის დადგენა.

საგამოცდო ლაბორატორიას უნდა ჰქონდეს და იყენებდეს გაზომვის განუსაზღვრელობის შეფასების პროცედურებს. ზოგიერთ შემთხვევაში, მეტროლოგიის და სტატისტიკის თვალსაზრისით, გამოცდის მეთოდის ხასიათმა შეიძლება ხელი შეუშალოს გაზომვის განუსაზღვრელობის დასაბუთებულ და საგულდაგულო გაანგარიშებას. ასეთ შემთხვევებში ლაბორატორიამ უნდა სცადოს განუსაზღვრელობის ყველა მდგენელის იდენტიფიცირება, გააზრებულად შეფასება და მიიღოს ზომები იმისთვის, რომ განუსაზღვრელობაზე შედეგების წარდგენის ფორმა მცდარ წარმოდგენას არ ქმნიდეს. გააზრებული შეფასება უნდა ეფუძნებოდეს გაზომვის მეთოდის და სფეროს არსის ცოდნას, ითვალისწინებდეს არსებულ გამოცდილებასა და ვალიდაციის მონაცემებს.

კონკრეტულ ვითარებაში გაზომვის განუსაზღვრელობის შეფასებისას, განუსაზღვრელობის ყველა მნიშვნელოვანი მდგენელი გათვალისწინებული უნდა იყოს ანალიზის შესაბამის მეთოდში.

განუსაზღვრელობის წყარო შეიძლება იყოს საწყისი ეტალონები და სანიმუშო მასალები, გამოყენებული მეთოდები და მოწყობილობა, გარემო პირობები, გამოცდის ან დაკალიბრების ობიექტის თვისებები და ოპერატორი. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ეს ფაქტორები იყოფა A და B ჯგუფად, რაც წარმოადგენს ე.წ. განუსაზღვრელობის ბიუჯეტს და რომელზე დაყრდნობითაც შემდგომში განუსაზღვრელობის მათემატიკურად შეფასება ხდება.

თუ გამოცდის და დაკალიბრების შედეგების შეკრების, დამუშავების, რეგისტრაციის, ანგარიშგების, შენახვისა და მოძიებისთვის კომპიუტერები ან ავტომატიზებული მოწყობილობა გამოიყენება, მაშინ ლაბორატორია უნდა დარწმუნდეს, რომ:

ა) მოსარგებლის მიერ შემუშავებული კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფა საკმარისად დეტალურ დოკუმენტირებას უზრუნველყოფს და გამოყენებისთვის ვარგისია;

ბ) მონაცემთა დაცვის პროცედურები შემუშავებულია და დანერგილი. ეს პროცედურები უნდა მოიცავდეს მონაცემთა შეყვანას ან შეკრებას, შენახვას, გადაცემას და დამუშავებას, კონფიდენციალობას;

გ) კომპიუტერების და ავტომატიზებული მოწყობილობის სათანადო ფუნქციონირებისთვის უზრუნველყოფილია ტექნიკური მომსახურება, შექმნილია გარემოს შესაბამისი პირობები და შესრულებულია აუცილებელი სამუშაოები გამოცდისა და დაკალიბრების მონაცემთა სიზუსტის შესანარჩუნებლად.

- **ISO17025–ის მოთხოვნები მოწყობილობებთან მუშაობისას**

თითოეულ მოწყობილობას უნდა გააჩნდეს სამომხმარებლო ინსტრუქცია (SOP), რომელიც მოიცავს როგორც მუშა პროცესის მსვლელობის მითითებებს (ჩართვა, მუშაობა, გამორთვა), ასევე სამომხმარებლო დონეზე მის შეკეთებას, დასუფთავებას, ნაწილების გამოცვლას და ა.შ.

ინსტრუქციების შესაბამისად, ლაბორატორიაში არსებულ გამზომ მოწყობილობებს ესაჭიროება პერიოდული დამოწმება/დაკალიბრება, რომლის დროსაც აუცილებლად უნდა იყოს გათვალისწინებული მეტროლოგიური მიკვლევადობა.

თუ ლაბორატორიას მისი მუდმივი კონტროლის გარეთ მყოფი მოწყობილობით სარგებლობა ესაჭიროება, მაშინ ის უნდა დარწმუნდეს, რომ სრულდება წინამდებარე სტანდარტის მოთხოვნები და მეტროლოგიური მიკვლევადობის სანდოობაც უზრუნველყოფილია.

პასუხისმგებელმა პერსონალმა თვალყური უნდა ადევნოს მოწყობილობის პროგრამული უზრუნველყოფის გამართულობას. ხარვეზის დაფიქსირების შემთხვევაში, დაუყოვნებლივ უნდა აცნობოს ხელმძღვანელობას. ხარვეზების თავიდან აცილების მიზნით, სასურველია ლაბორატორიის ხელმძღვანელობამ უზრუნველყოს გარკვეული პერიოდულობით (თუ ეს შესაძლებელია) პროგრამების განახლება.

მოწყობილობასთან უნდა მუშაობდეს უფლებამოსილი პერსონალი. ლაბორატორიის პერსონალს ხელი უნდა მიუწვდებოდეს მოწყობილობის გამოყენებისა და მომსახურების აქტუალიზებულ ინსტრუქციებზე (მოწყობილობის მწარმოებლის მიერ მოწოდებული ნებისმიერი სახელმძღვანელოს ჩათვლით).

მოწყობილობის თითოეული ერთეული და მისი პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც გამოცდის, დაკალიბრების ჩასატარებლად გამოიყენება და გავლენას ახდენს შედეგებზე, უნდა იყოს  ინდივიდუალურად იდენტიფიცირებული (თუ ეს პრაქტიკულად შესაძლებელია).

ყველა მოწყობილობა, რომელიც ლაბორატორიას ექვემდებარება და დაკალიბრება ესაჭიროება, უნდა იყოს ეტიკეტირებული და რაიმე ნიშნით იდენტიფიცირებული (მაგალითად, დაკალიბრების სტატუსის აღნიშვნა, უკანასკნელი დაკალიბრების თარიღი, ასევე განმეორებითი, აუცილებლად ჩასატარებელი დაკალიბრების კრიტერიუმებისა და თარიღის აღნიშვნა).

გაზომვის მოწყობილობების სათანადო ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად და დაბინძურების ან დაზიანების თავიდან აცილების მიზნით, საჭიროა დოკუმენტირებული იყოს უსაფრთხო მოპყრობის, ტრანსპორტირების, შენახვის, გამოყენების და გეგმური მომსახურების პროცედურები.

არასწორად მოპყრობის, საეჭვო შედეგების ჩვენების, წუნის აღმოჩენის ან პარამეტრების დადგენილი ზღვრებიდან გადაცდენის შემთხვევაში, მოწყობილობა უნდა მოიხსნას ექსპლუატაციიდან. გაუმართავი მოწყობილობის გამოყენების თავიდან აცილების მიზნით, აუცილებელია მისი იზოლირება ან ისეთი ნიშანდება, რომ მოწყობილობა გამოყენებისთვის უვარგისია მანამ, სანამ არ შეაკეთებენ, დააკალიბრებენ ან მის ფუნქციონირებას არ შეამოწმებენ. ამ დროს ლაბორატორიამ უნდა შეისწავლოს წუნის, ან წინა გამოცდის და/ან დაკალიბრებისას დადგენილი პარამეტრებიდან გადახრის შედეგები და დაიწყოს პროცედურა, სახელად „შეუსაბამო სამუშაოების მართვა". ეს ყველაფერი სათანადოდ უნდა დარეგისტრირდეს.

- **მეტროლოგიური მიკვლევადობა (5.6)**

მეტროლოგიური მიკვლევადობის უზრუნველყოფის მიზნით იყენებენ ე.წ. CRM-ებს, რომლებიც მიკვლევადია ერთეულთა საერთაშორისო სისტემამდე (SI). თუ გაზომვების მიკვლევადობა SI-ს ერთეულებამდე შეუძლებელია ან მიზანშეუწონელი, მაშინ საგამოცდო ლაბორატორიისთვის მოქმედებს მიკვლევადობის ისეთივე მოთხოვნები, როგორიც საკალიბრო ლაბორატორიისთვის, მაგალითად, სერტიფიცირებული სანიმუშო მასალის, დადგენილი მეთოდების და/ან შეთანხმებული ეტალონების გამოყენება.

ლაბორატორიას უნდა ჰქონდეს საკუთარი საწყისი ეტალონების დაკალიბრების მეთოდები და პროცედურები. საწყისი ეტალონები უნდა დააკალიბროს ორგანომ, რომელსაც შეუძლია მიკვლევადობის უზრუნველყოფა.

ლაბორატორიაში მეტროლოგიური მიკვლევადობის არსებობის გადამოწმების ერთ–ერთი კარგი საშუალებაა პროფესიულ ტესტირებებში და/ან ლაბორატორიათაშორის შედარებებში მონაწილეობის მიღება.

ლაბორატორიას უნდა ჰქონდეს საწყისი ეტალონებისა და სანიმუშო მასალების უსაფრთხო მოპყრობის, ტრანსპორტირების, შენახვის და გამოყენების პროცედურები, მათი დაბინძურების ან დაზიანების თავიდან ასაცილებლად და მთლიანობის შესანარჩუნებლად. თუ საწყისი ეტალონები და სანიმუშო მასალები გამოიყენება სტაციონარული ლაბორატორიის გარეთ, გამოცდის, დაკალიბრების ან ნიმუშის ასაღებად, მაშინ შესაძლოა საჭირო გახდეს დამატებითი პროცედურების ჩატარება.

მნიშვნელოვანია, რომ მეტროლოგიური ჯაჭვის მთლიანობის შესანარჩუნებლად სისტემატურად კეთდებოდეს ჩანაწერები საწყის ეტალონებსა და სანიმუშო მასალებთან მოპყრობის შესახებ, რაც მოიცავს მათი შენახვის პირობებს, გამოყენების ინტენსივობას, გადაადგილებას, ტრანსპორტირებას და ა.შ.

- **ტესტირების ობიექტებთან მოპყრობა (5.8)**

ლაბორატორიაში უნდა არსებობდეს გამოცდის და/ან დაკალიბრების ობიექტების ტრანსპორტირების, მიღების, მოპყრობის, დაცვის, შენახვის, შენარჩუნების და/ან უტილიზაციის პროცედურები, მათი მთლიანობის შენარჩუნების, ლაბორატორიისა და მომხმარებლის ინტერესების დაცვის პროცედურების ჩათვლით. გამოცდის და დაკალიბრების ობიექტების შენახვის მიზნით, მათი მახასიათებლების გაუარესების, დაკარგვის ან დაზიანების თავიდან ასაცილებლად, გათვალისწინებული და გაწერილი უნდა იყოს პროცედურები და არსებული შესაძლებლობები. ასევე, უნდა სრულდებოდეს ობიექტთან მოპყრობის ინსტრუქციებიც.

ლაბორატორიას უნდა ჰქონდეს გამოცდის და/ან დაკალიბრების ობიექტების იდენტიფიკაციის სისტემა. ობიექტს იდენტიფიკაცია უნდა შეუნარჩუნდეს ლაბორატორიაში ყოფნის მთელი პერიოდის განმავლობაში. სისტემა უნდა დაპროექტდეს და მოქმედებდეს ისე, რომ გამოირიცხოს ობიექტების მიმართ როგორც ფიზიკური ზემოქმედება, ასევე რაიმე გაუგებრობა ოქმებსა და სხვა დოკუმენტებში მათზე მითითებისას. აუცილებლობის შემთხვევაში, სისტემა უნდა ითვალისწინებდეს ობიექტების ჯგუფებად დაყოფას და გადაადგილებას ლაბორატორიის შიგნით ან მის გარეთ. თუ გამოცდების და დაკალიბრების ობიექტი ან მისი ნაწილი უნდა შეინახონ, მაშინ ლაბორატორიაში უნდა შეიქმნას შენახვის პირობები, რომლებიც ობიექტების ან მათი შესაბამისი ნაწილების შენახვასა და მთლიანობის დაცვას უზრუნველყოფს. ყველაფერი ზემოთაღნიშნული ექვემდებარება რეგისტრაციას.

საჭიროების შემთხვევაში აუცილებელია შესაბამისი ჩანაწერების წარმოება. მაგალითად, თუ ობიექტები კონდიცირებულ გარემოში და განსაზღვრულ პირობებში ინახება, მაშინ ეს პირობები უნდა შენარჩუნდეს, გაკონტროლდეს და დარეგისტრირდეს.

- **ტესტირების შედეგების ხარისხის უზრუნველყოფა**

ჩატარებული გამოცდისა და დაკალიბრების უტყუარობის გასაკონტროლებლად, ლაბორატორიას უნდა გააჩნდეს ხარისხის მართვის პროცედურები. შედეგების რეგისტრაცია სავალდებულოა, რათა შესაძლებელი იყოს ტენდენციების გამოვლენა და სადაც რაციონალურია, შედეგების ანალიზისთვის სტატისტიკური მეთოდების გამოყენება. ასეთი კონტროლი უნდა იგეგმებოდეს და შეიძლება მოიცავდეს:

– სერტიფიცირებული სანიმუშო მასალის რეგულარულ გამოყენებას;
– შიდა საკონტროლო ნიმუშის რეგულარულ გამოყენებას;
– პროფესიულ ტესტირებებსა და/ან ლაბორატორიათაშორის გამოცდებში მონაწილეობას;

- ტესტირების დუბლირებას იმავე ან სხვა მეთოდით;
- შენახული საკვლევი ობიექტის განმეორებით გამოცდას;
- ხარისხის კონტროლის მონაცემების გაანალიზებას, სტატისტიკურ შეფასებას.

ხარისხის კონტროლის მონაცემები ექვემდებარება სათანადო ანალიზს. წინასწარ დადგენილი კრიტერიუმისგან (მნიშვნელობისაგან) გადახრის შემთხვევების გამოვლენისას, პრობლემის გადასაჭრელად და არასწორი შედეგების გამოქვეყნების თავიდან ასაცილებლად, წინასწარ გაწერილი და დაგეგმილი მოქმედებები უნდა გატარდეს.

- **გაზომვის განუსაზღვრელობა**

ლაბორატორიას უნდა გააჩნდეს გაზომვის განუსაზღვრელობის დადგენის პროცედურა. გარკვეული უნდა იყოს განუსაზღვრელობის შეფასებაზე პასუხისმგებელი, კვალიფიცირებული პირის ვინაობაც. თითოეული ანალიზისთვის პასუხისმგებელმა პირმა უნდა განსაზღვროს A და B ჯგუფის ბიუჯეტი, რათა საჭიროების შემთხვევაში (მაგალითად, მომხმარებლის მხრიდან მოთხოვნის) ოპერატიულად მოხდეს კონკრეტული განუსაზღვრელობის შეფასება. განუსაზღვრელობის შეფასებასთან დაკავშირებული მათემატიკური გამოთვლები შესაძლებელია ექსელის ფორმატში გაკეთდეს.

- **ტესტირების შედეგების მიკვლევადობა**

საკვლევი ნიმუშის შემოსვლის მომენტიდან, ლაბორატორიას ეკისრება ვალდებულება მომხმარებლის მიმართ და დიდი პასუხისმგებლობა აღნიშნული ნიმუშის უსაფრთხოდ განთავსების, შენახვის და ზედმიწევნით სწორად გამოცდის საკითხში. იმისთვის, რომ თავიდან აიცილონ რაიმე სახის გაუგებრობა და ამასთანავე ლაბორატორიის მიმართ  მომხმარებლის მოლოდინი გამართლდეს, აუცილებელია ნიმუშთან დაკავშირებული (მისი შემოსვლის მომენტიდან, გამოცდის ოქმის გაცემამდე) ყველა საჭირო ინფორმაცია დარეგისტრირდეს და სათანადო დოკუმენტაცია გაფორმდეს. ამისთვის კეთდება შემდეგი აუცილებელი ჩანაწერები (ქაღალდის და/ან ელექტრონული ფორმით):

- მომხმარებლის მომართვა;
- ნიმუშის აღების (ან მიღების) სარეგისტრაციო ჩანაწერები;
- ნიმუშის შენახვის ჩანაწერები;
- გამოსაცდელი მეთოდის ჩანაწერები (გამოყენებული რეაქტივების, სტანდარტების, ხსნარების, მზომი საშუალებების შესახებ);

- ჩანაწერები გამოყენებული მოწყობილობების შესახებ (დაკალიბრების, საკალიბრო საშუალებების, ფუნქციონირების სტატუსის და ა.შ.);
- ჩანაწერები პასუხისმგებელი პერსონალის შესახებ (კვალიფიკაცია, სწავლებები და ა.შ.);
- გამოცდის მეთოდთან ასოცირებული საკითხების შესახებ ჩატარებული შიდა აუდიტის ოქმები, ჩანაწერები შესაბამისი მაკორექტირებელი და პრევენციული ქმედებების შესახებ;
- ჩანაწერები მომხმარებლისთვის ტესტირების შედეგების გამოცდის ოქმის გადაცემის შესახებ.

- **სერტიფიცირებული სტანდარტული მასალები (CRM) და საკონტროლო ნიმუშები**

სერტიფიცირებულ სტანდარტულ მასალას (CRM) აუცილებლად ახლავს თან უფლებამოსილი ორგანოს მიერ გაცემული დოკუმენტაცია, რომელშიც მითითებულია მახასიათებელი სიდიდის განსაზღვრის მოქმედი პროცედურა განუსაზღვრელობისა და მიკვლევადობის თაობაზე. შიდა ლაბორატორიულ საკონტროლო ნიმუშად შესაძლოა გამოიყენებოდეს როგორც CRM-ები და მათი ხსნარები, ასევე PT/ILC-ის ან თავად საკვლევი ნიმუშები. მთავარია, რომ საკონტროლო ნიმუშში საკვლევი პარამეტრის რიცხობრივი მაჩვენებელი ხანგრძლივი დროის განმავლობაში სტაბილურად უცვლელი იყოს.

CRM–ების მწარმოებლები აკრედიტებულია ISO Guide 34-ის და ISO 17025-ის მიხედვით. საკონტროლო ნიმუში შეიძლება დამზადდეს ლაბორატორიაშიც, ასე რომ, მათ წარმოებაზე სპეციალური მოთხოვნა არ არსებობს. მთავარია, რომ არსებობდეს ჩანაწერები, თუ როდის, რა მეთოდით და რა მიზნით შეიქმნა ესა თუ ის საკონტროლო ნიმუში ლაბორატორიაში.

CRM-ის სერტიფიკატზე აუცილებლად უნდა იყოს მითითებული:

- მწარმოებელი;
- ინფორმაცია მწარმოებლის მოქმედი ხარისხის სისტემის შესახებ;
- ნივთიერების/მასალის დასახელება;
- კატალოგის (შეკვეთის) ნომერი;
- ლოტის ნომერი, რომლის მიხედვით, საჭიროების შემთხვევაში, შესაძლებელი იქნება მოცემული მასალის შესახებ დამატებითი ინფორმაციის მოძიება. მაგალითად: ძირითადი ნივთიერების კონცენტრაცია განუსაზღვრელობის მითითებით; დამზადების თარიღი, გამოყენების ვადა და ა.შ.

SIGMA-ALDRICH®

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103 USA
Email USA: techserv@sial.com Outside USA: eurtechserv@sial.com

## Certificate of Analysis

| | |
|---|---|
| **Product Name:** | MALVIN(CHLORIDE) |
| | >= 90 % HPLC |
| **Product Number:** | 72815 |
| **Batch Number:** | BCBR9288V |
| **Brand:** | Sigma |
| **CAS Number:** | 16727-30-3 |
| **Formula:** | $C_{29}H_{35}ClO_{17}$ |
| **Formula Weight:** | 691.03 |
| **Storage Temperature:** | -20 C |
| **Quality Release Date:** | 11 APR 2016 |

| TEST | SPECIFICATION | RESULT |
|---|---|---|
| APPEARANCE (COLOR) | VIOLET TO DEEP VIOLET, BLACK | BLACK |
| APPEARANCE (FORM) | POWDER | POWDER |
| PURITY (HPLC AREA %) | ≥ 90.0 % | 99.2 % |
| INFRARED SPECTRUM | CONFORMS TO STRUCTURE | CONFORMS |

მაგალითისთვის სურათზე წარმოდგენილია მალვიდინის ქლორიდის ქრომატოგრაფიული ანალიზისთვის საჭირო, დასაკალიბრებელი სტანდარტული მასალის სერტიფიკატი:

რაც შეეხება საკონტროლო ნიმუშებს, უმეტეს შემთხვევაში მათ სერტიფიკატები არ გააჩნიათ.

სასურველია, რომ CRM-ების შერჩევისას გათვალისწინებული იყოს შემდეგი ფაქტორები:

- CRM–ის სერტიფიკატზე მინიშნებული დანიშნულება უნდა შეესაბამებოდეს იმ ანალიზის მეთოდს (მოწყობილობას), რისთვისაც გვჭირდება მისი გამოყენება;
- CRM–ის მწარმოებელი აკრედიტებული უნდა იყოს ISO Guide 34-ით და აკრედიტაციის სფერო უნდა მოიცავდეს მოცემულ CRM–ს;
- CRM–ის მწარმოებლის შესაბამისი ლაბორატორია აკრედიტებული უნდა იყოს ISO 17025-ით და მოცემული CRM–ის გაზომვის მეთოდს უნდა მოიცავდეს აკრედიტაციის სფეროც. საკონტროლო ნიმუშად იყენებენ საკვლევი ნიმუშის მსგავსი შედგენილობის ნიმუშს, რომელშიც საკვლევი პარამეტრის შემცველობა შეძლებისდაგვარად ხანგრძლივი დროის განმავლობაში სტაბილურად უცვლელია.

აკრედიტებული ლაბორატორიისთვის მნიშვნელოვან შეუსაბამობად ითვლება ვადაგადაცილებული CRM-ის გამოყენება. ვადაგასული CRM-ის გამოყენება შესაძლებელია საკონტროლო ნიმუშის სახით იმ შემთხვევაში, თუ მისი გასაზომი მაჩვენებელი გარკვეული დროის განმავლობაში სტაბილურობას ინარჩუნებს. ვადაგასული CRM-

ის საკონტროლო ნიმუშად გამოყენების ვარგისიანობა პერიოდულად ანალოგიური, ახალი, ვადიანი CRM-ის საშუალებით უნდა გადამოწმდეს.

მეტროლოგიური მიკვლევადობის უზრუნველსაყოფად, აუცილებელია თითოეული გამოცდისთვის მითითებული იყოს ინფორმაცია ყველა იმ ფაქტორის შესახებ, რამაც შესაძლოა გავლენა იქონიოს განუსაზღვრელობაზე. მაგალითად: გამოყენებული საზომი ჭურჭლის, პიპეტების, სასწორის, საწონების შესახებ და მათ შორის, ასევე CRM-ის ლოტის შესახებ მონაცემები.

**ქვემოთ წარმოდგენილია ტიტრაციის ანალიზის ჟურნალის გასაფორმებელი სანიმუშო ცხრილი**

| გამოცდის თარიღი | საკვლევი ნიმუშის საიდენტი-ფიკაციო # | 0,1 N NaOH–ის დანახარჯი (მლ) | NaOH–ის სტანდარტული ხსნარის ლოტის # | 0,1 N NaOH–ის შიდალაბო-რატორიული საიდენტი-ფიკაციო # | გამოყენებული გამზომი საშუალებების (პიპეტიები, კოლბები) შიდალაბორატორიული საიდენტიფიკაციო # |
|---|---|---|---|---|---|

- **პროფესიული (PT) და ლაბორატორიათაშორისი (ILC) ტესტირებები**

ლაბორატორიები სისტემატურად უნდა მონაწილეობდნენ პროფესიულ და ლაბო-რატორიათაშორის ტესტირებებში (PT/ILC), რათა თავიანთი გამოცდის შედეგების ხარისხი აკონტროლონ. როგორც წესი, აკრედიტაციის ორგანოები ითხოვენ, რათა ლაბორატორიამ თავის აკრედიტაციის სფეროში არსებული თითოეული პარამეტრის PT/ILC-ში გამოცდა არანაკლებ 4 წელიწადში ერთხელ მაინც ჩაატაროს.

- პროფესიული (PT) და ლაბორატორიათაშორისი (ILC) ტესტირებები საშუალებას იძლევა ობიექტურად გაკონტროლდეს ლაბორატორიაში მიმდინარე შესაბამისი გამოცდის შედეგების ხარისხის სიზუსტე;
- ასეთი ტესტირებები საშუალებას იძლევა აღმოაჩინონ შეუსაბამობა ანალიზის მეთოდში და შემდგომ მისი კორექტირება განახორციელონ;
- პროფესიული (PT) და ლაბორატორიათაშორისი (ILC) ტესტირებები გარე აუდი-ტორისა და მომხმარებლის თვალში ლაბორატორიისადმი ნდობის ფაქტორს ზრდის.

**PT/ ILC –ის პროვაიდერები**

მეტი სარწმუნოების მიზნით, სასურველია, რომ PT/ ILC პროვაიდერები აკრედიტებული იყვნენ ISO/IEC 17043 სტანდარტის შესაბამისად.

- PT/ILC-ის ნიმუში ლაბორატორიის რუტინული საკვლევი ნიმუშის ანალოგიურია;
- PT/ILC-ის ნიმუშში საკვლევი პარამეტრის კონცენტრაცია უნდა იყოს იმავე დიაპაზონში, რაც რეალურ საკვლევ ნიმუშშია;
- PT/ILC პროვაიდერი ოპერატიულად უნდა იძლეოდეს ანალიზის შედეგებს;
- შედეგები გასაგებად უნდა იყოს ინტერპრეტირებული;
- მონაწილე ლაბორატორიების რაოდენობა არ უნდა იყოს მცირე;
- ხშირად ხდებოდეს ახალი PT/ILC ნიმუშების მიწოდება. ეს განსაკუთრებით საყურადღებოა, რადგან როცა ლაბორატორია არადამაკმაყოფილებელ შედეგს იღებს, მეტად მნიშვნელოვანია მყისიერი მაკორექტირებელი ქმედებების ჩატარება და მათი ეფექტურობის გადამოწმება.

PT/ ILC-ის შედეგების გამოთვლა ხდება პროვაიდერის მიერ სპეციალური, სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით.

შედეგების საბოლოო მაჩვენებელი არის ე.წ. z-score.

როდესაც:

- z-score < 2 - შედეგი დამაკმაყოფილებელია;
- 2 < z-score<3 - შედეგი საკამათოა. საჭიროა მაკორექტირებელი ქმედება და სასურველია ეს გამოცდა კვლავ გადამოწმდეს PT/ ILC-ით;
- 3 < z-score - შედეგი არადამაკმაყოფილებელია. საჭიროა სასწრაფო მაკორექტირებელი ქმედების ჩატარება და შედეგის გადამოწმება.

**მაკორექტირებელი ქმედებები**

PT/ILC-ის არადამაკმაყოფილებელი შედეგის მიღების შემთხვევაში, სასწრაფოდ უნდა ჩატარდეს მაკორექტირებელი ქმედება, რაც მოიცავს:

- მცდარი შედეგის მიზეზის დადგენას;
- ამ მიზეზის განეიტრალებას, აღმოფხვრას;
- შეუსაბამობის არსებობის პერიოდში, მომხმარებლისთვის არასწორი გამოცდის შედეგების მიწოდების შემოწმებას. ამის დადასტურების შემთხვევაში, დაუყოვნებლივ უნდა ეცნობოს მომხმარებელს;
- პრევენციული ღონისძიების გატარებას;
- მაკორექტირებელი ქმედების ეფექტურობის დადგენის მიზნით განმეორებით მონაწილეობას ანალოგიურ PT/ ILC-ში.

PT/ ILC-თან დაკავშირებული ყველა ინფორმაცია ჩანაწერების სახით უნდა გაფორმდეს. ასევე, ყოველწლიურად, გასული წლის მონაცემების გათვალისწინებით უნდა შედგეს PT/ILC-ში მონაწილეობის სამომავლო გეგმა.

- **ISO/IEC17025–ის მოთხოვნები ნიმუშის აღებასთან დაკავშირებით**

თუ ლაბორატორია შემდგომი გამოცდის ან დაკალიბრების მიზნით თავად იღებს ნიმუშს, მაშინ მას ნიმუშის აღების გაწერილი გეგმა და პროცედურები უნდა გააჩნდეს. ნიმუშის აღების გეგმა და პროცედურები ადგილზე უნდა იყოს ხელმისაწვდომი. როდესაც ეს მიზანშეწონილია, ნიმუშის აღების გეგმა სტატისტიკურ მეთოდებს უნდა ეფუძნებოდეს.

ლაბორატორიაში უნდა არსებობდეს ნიმუშის აღების ოპერაციების რეგისტრაციის პროცედურები, რომლებიც გამოცდების ჩატარების ნაწილია. თუ ნიმუშის აღების დოკუმენტირებულ პროცედურებში მომხმარებელი მოითხოვს დამატებებს, ცვლილებებს ან რაიმე გამონაკლისის დაშვებას, ისინი გულდასმით უნდა დარეგისტრირდეს ნიმუშის აღების შესაბამის მონაცემებთან ერთად და ჩაერთოს ყველა იმ დოკუმენტში, რომლებიც გამოცდის და/ან დაკალიბრების მონაცემებს მოიცავს. ამასთან, ამის შესახებ შესაბამის პერსონალს უნდა აცნობონ.

ნიმუშის ამღები სპეციალისტი აუცილებლად უნდა იყოს იდენტიფიცირებული. მას უნდა ჰქონდეს გავლილი სპეციალური სწავლება კონკრეტული სახის ნიმუშის აღებასთან დაკავშირებით.

ნიმუშის აღებისას აუცილებელია გაკონტროლდეს გარემო პირობები, რამაც შესაძლოა დიდი გავლენა იქონიოს გამოცდების შედეგების ხარისხზე.

აუცილებელია ჩანაწერებში მიეთითოს ნიმუშის აღების ადგილი, რისთვისაც სპეციალურ დიაგრამებს ან სხვა ექვივალენტურ საშუალებებს იყენებენ.

აუცილებლობის შემთხვევაში უნდა მიეთითოს ისეთი სტატისტიკური მონაცემები, რომლებსაც ეფუძნება ნიმუშების აღების პროცედურები.

- **ტესტირების შედეგების ანგარიშგება**

ლაბორატორიაში ჩატარებული თითოეული გამოცდის ან დაკალიბრების სერიის შედეგები ზუსტად, მკაფიოდ, არაორაზროვნად და ობიექტურად უნდა გადმოიცემოდეს, გამოცდისა და დაკალიბრების ჩატარების მეთოდებში მოცემული ყველა სპეციალური ინსტრუქციის შესაბამისად.

შედეგები გამოცდის ოქმის სახით ფორმდება. თითოეული გამოცდის ოქმი უნდა მოიცავდეს შემდეგ ინფორმაციას:

ა) დასახელებას (მაგალითად, „გამოცდის ოქმი”);

ბ) ლაბორატორიის დასახელებას და მისამართს, აგრეთვე გამოცდის ჩატარების ადგილს, თუ მას სხვა მისამართი აქვს;

გ) გამოცდის ოქმის უნიკალურ იდენტიფიკაციას (მაგალითად, სერიული ნომერი), ასევე თითოეული გვერდის იდენტიფიკაციას, რაც მას გამოცდის კონკრეტულ ოქმს მიაკუთვნებს;

დ) მომხმარებლის დასახელებას და მისამართს;

ე) გამოყენებული მეთოდის იდენტიფიკაციას;

ვ) გამოცდის ობიექტ(ებ)ის აღწერას, მდგომარეობას და მკაფიო იდენტიფიკაციას;

ზ) გამოცდის ობიექტ(ებ)ის მიღების თარიღს, თუ ეს მნიშვნელოვანია შედეგების უტყუარობისა და გამოყენებისთვის, აგრეთვე გამოცდის ჩატარების თარიღ(ებ)ს;

თ) მითითებებს ლაბორატორიის ან სხვა ორგანოების მიერ გამოყენებული ნიმუშის აღების გეგმასა და მეთოდებზე, თუ მათ კავშირი აქვთ შედეგების უტყუარობასთან;

ი) გამოცდის შედეგების გაზომვის ერთეულების მითითებას;

კ) გამოცდის ოქმის დამამტკიცებელი პირ(ებ)ის სახელს, თანამდებობას, ხელმოწერას ან ექვივალენტურ იდენტიფიკაციას;

მოცემულ მოთხოვნებთან ერთად, შედეგების ახსნა-განმარტებების აუცილებლობის შემთხვევაში, გამოცდის ოქმებში ჩართული უნდა იყოს შემდეგი:

ა) გამოცდის მეთოდთან დაკავშირებული ცვლილებები, აგრეთვე ინფორმაცია გამოცდის ისეთი სპეციფიკური პირობების შესახებ, როგორიცაა გარემო პირობები;

ბ) აუცილებლობის შემთხვევაში მითითება მოთხოვნებსა და/ან შესაბამისობის ტექნიკურ პირობებთან;

გ) აუცილებლობის შემთხვევაში, მითითება გაზომვის განუსაზღვრელობაზე; ინფორმაცია განუსაზღვრელობის შესახებ შეტანილი უნდა იყოს გამოცდის ოქმში იმ შემთხვევაში, თუ ის გამოცდის შედეგების უტყუარობისა და გამოყენებადობის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია და თუ ამას მომხმარებელი მოითხოვს, ან იმ შემთხვევაში, როცა განუსაზღვრელობა დასაშვებ ზღვართან შესაბამისობაზე გავლენას ახდენს;

დ) მოსაზრებები და ახსნა-განმარტებები, თუ ეს აუცილებელია;

ე) დამატებითი ინფორმაცია გამოცდების სპეციალური მეთოდების შესახებ, რომელიც შეიძლება მოითხოვოს მომხმარებელმა ან მომხმარებელთა ჯგუფმა.

- **შიდა აუდიტის პროცედურების აღწერა**

ISO/IEC 17025-ით აკრედიტებულ ლაბორატორიაში გარკვეული პერიოდულობით ტარდება როგორც შიდა, ასევე გარე აუდიტი.

- **შიდა აუდიტი (ლაბორატორიის უფლებამოსილი პერსონალის ან მოწვეული სპეციალისტის მიერ ჩატარებული)**

ლაბორატორიამ პერიოდულად, წინასწარ დადგენილი გრაფიკის და პროცედურის შესაბამისად უნდა ჩაატაროს თავისი საქმიანობის შიდა აუდიტი, რათა დაადასტუროს შესაბამისობა მენეჯმენტის სისტემასა და წინამდებარე სტანდარტის მოთხოვნებთან. შიდა აუდიტის პროგრამა უნდა მოიცავდეს მენეჯმენტის სისტემის ყველა ელემენტს, გამოცდის და/ან დაკალიბრების საქმიანობის ჩათვლით. გრაფიკისა და ხელმძღვანელობის მოთხოვნათა შესაბამისად, აუდიტის დაგეგმვასა და ორგანიზებაზე პასუხისმგებლობა ხარისხის მენეჯერს ეკისრება. აუდიტი უნდა ჩაატაროს მომზადებულმა, კვალიფიციურმა, რუტინული საქმიანობისგან დამოუკიდებელმა პერსონალმა. შესაძლებელია აუდიტორად სხვა სპეციალისტის მოწვევაც. შიდა აუდიტის ჩატარების პერიოდულობა ერთ წელს შეადგენს. ამ ერთი წლის განმავლობაში, შიდა აუდიტი უნდა ჩაუტარდეს სტანდარტში მითითებულ თითოეული პუნქტის შესაბამის ქმედებებს. მათ შორის იგულისხმება აკრედიტაციის სფეროში მითითებული გამოცდების შიდა აუდიტიც.

შიდა აუდიტის დაგეგმვასა და საბოლოო შედეგების შეჯამებას (რაც წლის შემაჯამებელ მენეჯმენტის მიმოხილვაში აისახება) ლაბორატორიის ხარისხის მენეჯერი ახორციელებს.

თუ ჩატარებული აუდიტის შედეგად გაჩნდა ეჭვი საქმიანობის ეფექტურობის ან შესრულებული გამოცდის და დაკალიბრების შედეგების სისწორის ან უტყუარობის მიმართ, მაშინ ლაბორატორიამ დროულად უნდა განახორციელოს მაკორექტირებელი ქმედებები და ამის შესახებ წერილობით შეატყობინოს მომხმარებლებს.

- **გარე აუდიტები (აკრედიტაციის ორგანოს მიერ ჩატარებული აუდიტი)**

გარე აუდიტი უმეტესად აკრედიტაციის ორგანოს მიერ ტარდება, რაც ლაბორატორიის ფუნქციონირების რამდენიმეწლიან პერიოდს (წლების რაოდენობა დამოკიდებულია აკრედიტაციის ორგანოს შიდა განაწესზე) მოიცავს. თითოეული პერიოდი პირველად აკრედიტაციასთან დაკავშირებული აუდიტისგან და ყოველ შემდეგ წელიწადს მიმდინარე გეგმიური აუდიტის, ანუ ლაბორატორიის საქმიანობის მონიტორინგისგან შედგება.

გარე აუდიტის დროს მოწმდება ლაბორატორიის მუშაობის შესაბამისობა ISO/IEC17025 სტანდარტთან მიმართებაში. ასევე დგინდება ლაბორატორიის მუშაობის შესაბამისობა აკრედიტაციის ორგანოს მოთხოვნებთან მიმართებაში.

- **შიდა აუდიტის განხორციელება**

კონკრეტული შიდა აუდიტის განხორციელებაზე პასუხისმგებელია შიდა აუდიტორის სტატუსის მქონე უფლებამოსილი პერსონალი, რომელიც ვალდებულია წინასწარ დაგეგმოს შიდა აუდიტის პროცესი, შესამოწმებელი სფეროები და უბნები.

ხელმძღვანელობამ უნდა იზრუნოს, რათა ლაბორატორიის პერსონალს ჩაუტარდეს შესაბამისი მომზადება და მათი სახით ლაბორატორიას კვალიფიცირებული შიდა აუდიტორები ჰყავდეს.

ხშირ შემთხვევაში მოსახერხებელია აუდიტის სფეროს შესაბამისი ფორმების, ე.წ. „ჩეკ-ლისტების" შემუშავება, სადაც პუნქტებად გაიწერება შესამოწმებელი ობიექტები და შესაძლებელი იქნება იქვე მიეწეროს ამ ობიექტის მდგომარეობა და შენიშვნები.

აუდიტის სფეროზე პასუხისმგებელ პერსონალს ამ ვალდებულების შესახებ ინფორმაციას ხარისხის მენეჯერი აწვდის. პასუხისმგებელმა პერსონალმა აუდიტორობაზე თანხმობა და მზაობა შესაბამისი ვალდებულებების შესრულების თაობაზე ამ მიზნით სპეციალურად შედგენილ ოქმში ხელმოწერით უნდა დაადასტუროს.

აუდიტთან დაკავშირებული ყველა ქმედება და შესაბამისი მიგნება ჩანაწერის სახით უნდა დაფიქსირდეს. აუდიტის შეჯამებას ახდენს (ან ახდენენ) აუდიტორი(ები) კონკრეტულ ობიექტზე პასუხისმგებელ პირთან ერთად. ამ დროს ხდება მაკორექტირებელი ქმედებების დაგეგმვა, სახელდება პასუხისმგებელი პირი (ან პირები), რაც მაკორექტირებელი ქმედებების ოქმში უნდა აისახოს.

საქმიანობის შესამოწმებელი სფეროს აუდიტის შედეგები და სავარაუდო მაკორექტირებელი მოქმედებები რეგისტრირებული უნდა იყოს. შემდგომმა შემოწმებებმა უნდა დაადასტურონ და დააფიქსირონ გატარებული მაკორექტირებელი ქმედებების ეფექტურობა.

**კითხვები:**

განმარტეთ ხარისხის მენეჯმენტის ძირითადი მოთხოვნები და ტერმინები

აღწერეთ ლაბორატორიის  ხარისხის მენეჯმენტის მოთხოვნები, პერსონალის ვალდებულებები და პასუხისმგებლობები

აღწერეთ შესაძენი მომსახურებისა და/ან მარაგების შერჩევის პრინციპები

აღწერეთ მომხმარებელთა მომსახურების ძირითადი ასპექტები

აღწერეთ ხარისხის მენეჯმენტის დოკუმენტაციის მართვის მეთოდები

განმარტეთ სტანდარტის მოთხოვნები ტესტირების შედეგების ხარისხის უზრუნველყოფის სფეროში

აღწერეთ მოწყობილობებთან მუშაობის სტანდარტით გათვალისწინებული ზოგადი პრინციპები

განმარტეთ მეტროლოგიური მიკვლევადობის არსი

განმარტეთ ტესტირების შედეგების ხარისხის მართვის პროცედურებისა და შესაბამისი მიკვლევადი ჩანაწერების წარმოების მნიშვნელობა

ჩამოთვალეთ ანალიზისთვის საკონტროლო ნიმუშის შერჩევის კრიტერიუმები

აღწერეთ ნიმუშის აღების სტანდარტით გათვალისწინებული ზოგადი პრინციპები

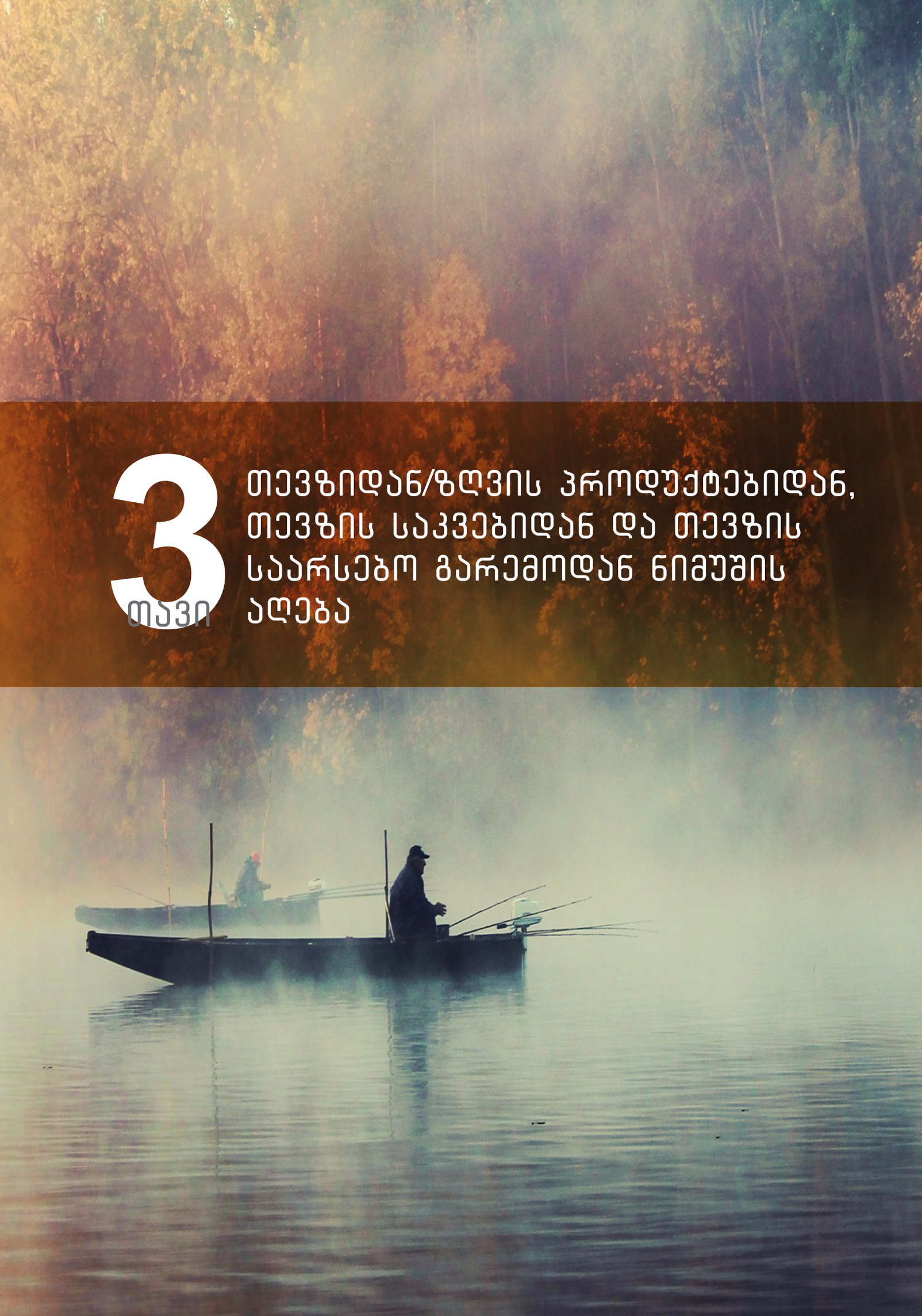
აღწერეთ ტესტირების შედეგების ანგარიშგების პროცედურები

ჩამოთვალეთ აუდიტის სახეები

განმარტეთ შიდა აუდიტის არსი და მისი დაგეგმვის პრინციპები

შიდა აუდიტების განხორციელების პრინციპები

აღწერეთ შიდა აუდიტების ჩანაწერები



# თავი 3

# თევზიდან/ზღვის პროდუქტებიდან, თევზის საკვებიდან და თევზის საარსებო გარემოდან ნიმუშის აღება

*აღნიშნული თავის შესწავლის შემდეგ სტუდენტს შეეძლება თევზის/ზღვის პროდუქტების, თევზის საკვებისა და თევზის საარსებო გარემოდან ნიმუშის აღების არსის, დანიშნულების და პრინციპების აღწერა; ნიმუშის ასაღებად საჭირო მოწყობილობების, ჭურჭლის, რეაქტივების და ხსნარების მომზადება; თევზის, ზღვის პროდუქტების, თევზის საკვების, საარსებო გარემოსა და აირადი მასალიდან ნიმუშის აღება; აღებული ნიმუშის შენახვა-ტრანსპორტირება.*

ნიმუშის აღების მეთოდისა და ობიექტის შერჩევა დამოკიდებულია საბოლოო მიზანზე. ქიმიური ანალიზისთვის გამოიყენება შესაბამისი მიკრობიოლოგიური თუ ვეტერინარული კვლევების განსხვავებული პრინციპები. აღებული ნიმუშები უნდა შეესაბამებოდეს ანალიზის როგორც რაოდენობრივ, ისე ხარისხობრივ მოთხოვნებს. სანდო შედეგების მისაღებად საჭიროა ნიმუშების განმეორებითი შემოწმება (რეპლიკაცია) საკმარისი ჯერადობით. ზოგადად მიჩნეულია, რომ შედეგების სტატისტიკური დამუშავებისთვის არანაკლებ სამი რეპლიკაციაა საჭირო.

ნებისმიერი ეკოსისტემის კვლევისას, ნიმუშების შესწავლის სტრატეგია შედგება მთელი რიგი პროცედურებისგან, რომელთა მიზანია ნიმუშების აღებისთვის ყველაზე სასურველი ლოკაციის შერჩევა და ნიმუშის აღებისთვის შესაბამისი სიხშირის დადგენა, რაც მოცემულ გეოგრაფიულ არეალში და დროის მოცემულ მონაკვეთში შეგროვილი მიზნობრივი მასალის ზუსტი და დეტალური აღწერისა და რაოდენობრივი განსაზღვრის შესაძლებლობას მოგვცემს. სტრატეგიის არჩევა უმეტესად დამოკიდებულია სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმის განაწილებაზე, საკვლევ არეალში არსებული გავრცელების ადგილების რაოდენობასა და მახასიათებლებზე, და ეკოლოგიური პარამეტრების სივრცულ და დროებით ცვალებადობაზე. გარდა ამისა, არჩევანი ასევე დამოკიდებულია განხორციელებადობასა და მიზანშეწონილობაზე, ხარჯ-ეფექტურობის კოეფიციენტის ჩათვლით.

ნიმუშის აღების ობიექტების სივრცული განაწილების ძირითადი სტრატეგიებია:

- მთლიან საკვლევ არეალში ნიმუშის აღების მონაკვეთების გადანაწილებაზე დაფუძნებული სისტემატური შერჩევა
- მთლიან საკვლევ არეალში ნიმუშის აღების მონაკვეთების შემთხვევითი გადანაწილების საფუძველზე განხორციელებული შემთხვევითი შერჩევა
- სტრატიფიცირებული (დარაიონებული) შერჩევა ეფუძნება ისეთი არეალის იდენტიფიცირებას, სადაც ჰომოგენური მახასიათებლები (შრეები) მრავლადაა წარმო-

დგენილი, მაგალითად, ფსკერის მცენარეული (ვეგეტატიური) უბნები, შიშველი სუბსტრატები, მისთ.

მას შემდეგ, რაც კვლევის მიზნების შესაბამისად განისაზღვრება ნიმუშის აღების სტრატეგია და დიზაინი, აუცილებელია შეირჩეს ნიმუშის აღებისთვის ყველაზე მოსახერხებელი ინსტრუმენტები, განისაზღვროს ნიმუშის ზომა და ასლების რაოდენობა, და შეირჩეს ნიმუშის აღების ტექნიკა და ნიმუშების დამუშავების მეთოდი.

## წყლის ნიმუშის აღება

*თევზის საარსებო გარემოდან ნიმუშის აღების მიზანია საკვლევი წყლის ხარისხის ამსახველი დისკრეტული ნიმუშის მიღება.*

ნიმუშის აღება წარმოებს:

ა) წყლის ხარისხის საკონტროლოდ და ხანმოკლე ცვლილებების აღმოსაჩენად;

ბ) კვლევის პროგრამის მიხედვით წყლის ხარისხის გამოსაკვლევად ან გრძელვადიანი ცვლილებების აღმოსაჩენად (ფსკერის ნადებისა და ლამის ჩათვლით);

გ) წყლის შედგენილობისა და თვისებების განსაზღვრისთვის იმ მაჩვენებლების მიხედვით, რომლებიც რეგლამენტებულია ნორმატიულ დოკუმენტებში;

დ) წყლის ობიექტის დამაბინძურებელი წყაროების იდენტიფიკაციისათვის.

ნიმუშის აღების მეთოდი შეირჩევა წყლის ტიპის, ნიმუშის აღების სიღრმის, კვლევის მიზნისა და განსასაზღვრი მაჩვენებლების ჩამონათვალის მიხედვით, იმ გაანგარიშებით, რომ მინიმუმამდე დაიყვანება ნიმუშის აღების პროცესში განსასაზღვრი მაჩვენებლების შესაძლო ცვლილებები.

**გახსოვდეთ!** *წყლის ნიმუშის აღების ტიპებია: წერტილოვანი, პერიოდული, უწყვეტი, სერიული, შედგენილი და დიდი მოცულობის.*

**წერტილოვან ნიმუშს** იღებენ ხელით ან ავტომატურად, წყლის არაერთგვაროვანი ნაკადისა და განსასაზღვრი მაჩვენებლების ცვალებადობისას, წყლის ზედაპირიდან, განსაზღვრულ სიღრმეზე ან ფსკერიდან, მოცემულ დროსა და ადგილზე წყლის ხარისხის დადგენის მიზნით.

**პერიოდული ნიმუშების აღება** დამოკიდებულია დროზე, წყლის მოცულობასა და ნაკადზე.

**უწყვეტ ნიმუშს** იღებენ ხელით ან ავტომატურად უფრო ზუსტი შედეგების მისაღებად, ნაკადის როგორც მუდმივი, ისე ცვალებადი სიჩქარის დროს.

**სერიულ ნიმუშს** იღებენ წყლის ობიექტის სიღრმისა და ფართობის პროფილის მიხედვით.

**შედგენილ ნიმუშს** იღებენ როგორც ხელით, ისე ავტომატურად და დამოკიდებული არ არის ნიმუშის აღების მეთოდზე (რეგულარული ნიმუშები შესაძლოა გაერთიანდეს შედგენილი ნიმუშის მისაღებად). იგი გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც აუცილებელია წყლის შედგენილობაზე გასაშუალებული მონაცემების მიღება. ამისთვის, წინასწარ უნდა დაზუსტდეს ამ სახის მონაცემების მიღების აუცილებლობა და აღების მომენტში პარამეტრების შესაძლებელი მნიშვნელოვანი ცვალებადობა.

**დიდი მოცულობის ნიმუშებს** (50 დმ$^3$-დან რამდენიმე კუბურ მეტრამდე) იღებენ განსასაზღვრი მაჩვენებლიდან გამომდინარე, დიდი მოცულობის ჭურჭლით (მაგალითად ცისტერნით) და წყლის არსებული მოცულობის ფილტრში გატარებით (მაგალითად, იონური მიმოცვლის ან გააქტივებული ნახშირის ფილტრში – ზოგიერთი პესტიციდის განსაზღვრისთვის). რამდენიმე ფილტრის გამოყენებით აღებული ნიმუში ჩაითვლება შედგენილ ნიმუშად.

***ნიმუშის აღების დროს უნდა გაითვალისწინონ შემდეგი პირობები:***

*ა) ღია წყალნაკადიდან აიღება წერტილოვანი ნიმუში - შეირჩევა მძაფრი დინების მონაკვეთები, სადაც ნაკადები კარგად ერევა ერთმანეთს;*

*ბ) ღია წყალსატევის წყლის ხარისხის დასახასიათებლად, ნიმუშები აიღება სხვადასხვა მონაკვეთსა და სიღრმეზე. გასათვალისწინებელია თერმული სტრატიფიკაციის არსებობა წყლის ხარისხზე მისი ძლიერი მოქმედების გამო;*

*გ) გრუნტის წყლის ნიმუშების აიღება სხვადასხვა სიღრმეზე და სხვადასხვა დროს, სარწმუნო შედეგების მისაღებად;*

*დ) მილსადენიდან ნიმუშის აღების დროს ნიმუშამღები თავსდება ნაკადის დინების ქვევით. აღების საუკეთესო ადგილებია ტურბულენტური ნაკადის მონაკვეთები.*

ნიმუშის შესანახი ჭურჭელი არ უნდა აბინძურებდეს ნიმუშს (მაგალითად, ბორსილიკატურმა ან უბრალო ნატრიუმიანმა მინამ შესაძლებელია გაზარდოს სილიციუმისა და ნატრიუმის შემცველობა), არ უნდა იწვევდეს განსასაზღვრი ელემენტის აბსორბირებას ან ადსორბირებას (მაგალითად, ნახშირწყალბადები შესაძლებელია აბსორბირდეს

ჭურჭლის პოლიეთილენით; ლითონის კვალი შესაძლებელია ადსორბირდეს მინის ზედაპირზე), არ უნდა შედიოდეს რეაქციაში ნიმუშში არსებულ ნაერთებთან (მაგალითად, ფტორის ნაერთები შესაძლებელია რეაგირებდნენ ჭურჭლის მინასთან).

ნიმუშის დაბინძურების რისკის შესამცირებლად სასურველია თითოეული განსასაზღვრი კომპონენტისთვის შესაბამისი ჭურჭლის გამოყენება.

**ყურადღება!** *თუ ნიმუშების გამოკვლევა ლაბორატორიაში მიტანისთანავე შეუძლებელია, იგი ინახება ისეთ პირობებში, რომ გამოირიცხოს გარედან დაბინძურების შესაძლებლობა და შედგენილობის ნებისმიერი ცვლილება.*

წყლის ნიმუშების ტრანსპორტირებისა და შენახვის დროს უნდა დაიცვან უსაფრთხოების აუცილებელი ზომები, ნიმუშის აღებიდან ლაბორატორიულ ანალიზამდე პერიოდში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური, ქიმიური და ბიოლოგიური რეაქციებისა და მიღებული შედეგების რეალურისგან განსხვავების თავიდან აცილების მიზნით.

წყლის ნიმუშების ცვალებადობის მიზეზი შეიძლება იყოს:

ა) ბაქტერიების, წყალმცენარეებისა და სხვა ორგანიზმების მიერ ნიმუშში არსებული ზოგიერთი შენაერთის შთანთქმა ან ახალი ნივთიერებების წარმოქმნა. ამ სახის ბიოლოგიური აქტივობა გავლენას ახდენს წყალში გახსნილი ჟანგბადის, ნახშირმჟავა გაზის, აზოტის შენაერთების, ფოსფორისა და ზოგჯერ სილიციუმის შემცველობაზე;

ბ) ზოგიერთი შენაერთის შესაძლებელი დაჟანგვა წყალში გახსნილი ჟანგბადით ან ატმოსფერული ჰაერის ჟანგბადით (მაგალითად, ორგანული შენაერთები, ორვალენტიანი რკინა, სულფიდები);

გ) ზოგიერთი ნივთიერების შესაძლებელი დალექვა (მაგალითად, კალციუმის კარბონატი, მაგნიუმის ფოსფატი, ალუმინის ჰიდროქსიდი) ან აორთქლება (მაგალითად, ჟანგბადი, ციანიდები, ვერცხლისწყალი);

დ) ნიმუშის მიერ ჰაერიდან ნახშირმჟავა გაზის შთანთქმის გამო, pH-ის, ელექტროგამტარობის, ნახშირჟანგის შემცველობის შესაძლებელი შეცვლა;

ე) ხსნად ან კოლოიდურ მდგომარეობაში მყოფი ლითონების, ასევე ზოგიერთი ორგანული შენაერთის შესაძლო აბსორბირება ან ადსორბირება ჭურჭლის ზედაპირზე, ან ნიმუშში არსებულ მყარ ნივთიერებებზე;

ვ) პოლიმერიზებული ნივთიერებების შესაძლო დეპოლიმერიზება ან, პირიქით, მარტივი ნივთიერებების შესაძლო პოლიმერიზაცია.

ნიმუშში მიმდინარე პროცესების ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ნიმუშის ქიმიურ და ბიოლოგიურ ხასიათზე (ბუნებაზე), ტემპერატურაზე, სინათლეზე ყოფნის ხანგრძლივობაზე, ჭურჭლის სახეობაზე, ნიმუშის აღებასა და ანალიზს შორის დროის შუალედსა და ტრანსპორტირების პირობებზე.

წყლის ნიმუშების ცვალებადობის გამომწვევი ფაქტორების მინიმუმამდე შემცირებისთვის, აუცილებელია უსაფრთხოების ყველა ღონისძიების გატარება და შეძლებისდაგვარად ანალიზის სწრაფად ჩატარება.

**ყურადღება!**

*განსასაზღვრი მაჩვენებლებიდან გამომდინარე, აუცილებლობის შემთხვევაში, ნიმუშების შესანახად ტარდება:*

*ა) ფილტრაცია (ცენტრიფუგირება);*

*ბ) კონსერვაცია;*

*გ) გაცივება (გაყინვა).*

ნიმუშის შენახვამდე, წყლიდან შეწონილი ნაწილაკების, ნალექის, წყალმცენარეებისა და მიკროორგანიზმების მოსაცილებლად გამოიყენება ფილტრაცია. ფილტრაცია წარმოებს ნიმუშის აღებისთანავე ან აღების შემდეგ. ჩვეულებრივ, ფილტრაციისათვის გამოიყენება ქაღალდის მემბრანული ფილტრი ან ცენტრიფუგირება. ფილტრაცია გამოიყენება აგრეთვე ხსნადი და უხსნადი ფორმების განსაცალკევებლად.

ნიმუშის გაცივების ან გაყინვის მეთოდის გამოყენება ეფექტურია ნიმუშის აღებისთანავე:

ა) გაცივების (გაყინვის) შემდგომ ნიმუშიანი ჭურჭლის შენახვა და ტრანსპორტირება გამაცივებელი ყუთებით ან რეფრიჟერატორებით;

ბ) ნიმუშის გაცივება მდნარი ყინულით ან მაცივარში 2-5$^0$C ტემპერატურაზე და ბნელ ადგილას მოთავსება - ეს ხშირად საკმარისია ტრანსპორტირების პერიოდში კონსერვაციის და ლაბორატორიაში ხანმოკლე დროით შენახვისათვის;

გ) დაუშვებელია გაცივებული ნიმუშის დიდი ხნით შენახვა, განსაკუთრებით ჩამდინარე წყლის ნიმუშისა.

ნიმუშში ცვლილებების თავიდან აცილების მიზნით, ნიმუშის შენახვის პერიოდი შეიძლება გაიზარდოს ნიმუშის გაყინვით –20$^0$C-ზე, გაყინვისა და დნობის ტექნოლოგიური პროცესის დაცვით. უმჯობესია პლასტიკური მასალისგან (მაგალითად, პოლივინილქლორიდისგან) დამზადებული ჭურჭლის გამოყენება. მინის ჭურჭელში მოთავსებული ნიმუშები არ იყინება.

**ყურადღება!**

*ა) დაუშვებელია ბაქტერიოლოგიური ანალიზისთვის აღებული ნიმუშების გაყინვა;*

*ბ) დაუშვებელია აქროლადი ორგანული ნივთიერებების განსაზღვრისათვის აღებული ნიმუშების გაყინვა.*

ნიმუშების კონსერვაცია წარმოებს ცარიელ ჭურჭელში ან ნიმუშის აღების შემდეგ გარკვეული ქიმიური ნაერთების (მჟავა, ტუტე, ბიოციდები) წინასწარ დამატებით. ზოგიერთ შემთხვევაში, მაგალითად, ჟანგბადის, ციანიდების, სულფიდების განსაზღვრისთვის, აუცილებელია ნიმუშის ფიქსაცია აღების ადგილზე.

ნიმუშის კონსერვაციისთვის გამოიყენება:

ა) მჟავები;

ბ) ტუტე ხსნარები;

გ) ორგანული გამხსნელები;

დ) ბიოციდები;

ე) სპეციალური რეაქტივები ზოგიერთი მაჩვენებლების განსაზღვრისთვის (მაგალითად, ჟანგბადი, ციანიდები, სულფიდები).

ცოცხალ ორგანიზმებზე წყლის ტოქსიკური მოქმედების განსაზღვრისას, თავიდან უნდა ავიცილოთ ნიმუშის კომპონენტების გახსნა, კერძოდ, მძიმე მეტალების, რომლებიც იონურ ფორმაში ტოქსიკურია.

### ნიმუშის აღების წესები წყლის ტიპის მიხედვით

*მდინარეებიდან და წყალნაკადებიდან წყლის ნიმუშის აღების მიზანია თევზის მოსაშენებლად მდინარის წყლის გამოყენების ვარგისიანობის განსაზღვრა.*

**ყურადღება!**

*ნიმუშები აიღება შემდეგი მოწყობილობების გამოყენებით:*

*ა) ღია ნიმუშამღები და ზედაპირული წყლის ნიმუშამღები;*

*ბ) დახურული ნიმუშამღები;*

*გ) შემწოვი, წყალქვეშა და პერისტალტიკური ტუმბოები;*

*დ) ავტომატური ნიმუშამღებები - შესაძლებელია ნიმუშის აღება ადამიანის მონაწილეობის გარეშე.*

მდინარეებიდან და წყალნაკადებიდან წყლის ნიმუშის აღების შემდეგი წესები გამოიყენება:

ა) მდინარის შენაკადისა და ნახმარი წყლების ჩაშვების ადგილის გავლენის დასადგენად, ნიმუშები აიღება მდინარის დინების ზემოთ და წყლის სრული შერევის წერტილებში. ნიმუშები აიღება სიღრმეზე, ერთი ნაპირიდან მეორე ნაპირისკენ და დინების გასწვრივ;

ბ) მდინარის ნაკადში დაბინძურების თანაბარი განაწილებისას, ნიმუშის აღება დასაშვებია პრაქტიკულად ნებისმიერ ადგილას;

გ) დაბინძურების არათანაბარი განაწილებისას, მიზანშეწონილია შედგენილი ნიმუშის აღება სხვადასხვა წერტილიდან. შედგენილი ნიმუშის აღება არ წარმოებს გახსნილი გაზებისა და აქროლადი კომპონენტების საანალიზოდ.

ნიმუშის აღების სიხშირე და დრო დგინდება პროგრამის შესაბამისად, კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე.

ბუნებრივი და ხელოვნური ტბებიდან წყლის ნიმუშები აიღება შემდეგი მოწყობილობების გამოყენებით:

ა) ღია და ზედაპირული წყლების ნიმუშამღები;

ბ) დახურული ნიმუშამღებები;

გ) ტუმბოები – გამოიყენება ხელით ან მექანიკურად მართვადი შემწოვი, წყალქვეშა ან პნევმატური, ეჟექტური ტუმბოები. ტუმბოების ჩაშვება ხდება სასურველ სიღრმეზე ან საჭირო წერტილში ცალკეული, სერიული და სიღრმისეული შედგენილი ნიმუშების ასაღებად.

ბუნებრივ და ხელოვნურ ტბებში წყლის ხარისხის ვერტიკალური არაერთგვაროვნების, ასევე ფსკერის ნადების გავლენისა და მყარი ნაწილაკების დალექვის გამო, წყლის წინასწარი გამოკვლევებისთვის იყენებენ გამზომი ხელსაწყოებით აღჭურვილ ნიმუშამღებს (ტემპერატურის, გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაციის, სიმღვრივის, ელექტროგამტარობის, ქლოროფილის ფლუორესცენციის გასაზომად), რომლებიც ხანმოკლე ინტერვალით უწყვეტი დაკვირვების შესაძლებლობას იძლევიან. ასევე უნდა განისაზღვროს ნიმუშის აღების სიღრმე წყლის ხარისხის ვერტიკალური არაერთგვაროვნების დასადგენად.

ღრმა წყალსატევებში წყლის შესაძლო შიდა ცირკულაციის გამო იყენებენ ისეთ ნიმუშამღებებს, რომლებიც ერთდროულად იხსნება და იხურება.

ზღვის წყლის ნიმუშის აღების ადგილის შერჩევა დამოკიდებულია კვლევის მიზანსა და იმ ფაქტორებზე, რომლებიც მოქმედებენ წყლის შედგენილობაზე. ნიმუშის აღების

წერტილების დადგენა უნდა წარმოებდეს წინასწარი შესწავლის შემდეგ, წყლის შედგენილობაზე ზღვის მოქცევის გავლენის გათვალისწინებით. ნიმუშის აღება ჩვეულებრივ წარმოებს გემბანიდან.

ზღვის მოქცევისას წყლის ნიმუშის აღების მიზანია: შედგენილობის მიხედვით წყლის საშუალო ნიმუშის მიღება, ჰორიზონტალურად ან ვერტიკალურად წყლის შედგენილობის არაერთგვაროვნებისა და კონკრეტული წყაროდან ნახმარი წყლების გავრცელების შესწავლა და სხვ.

ნიმუშის აღება ტბორებიდან

**სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლებიდან ნიმუშის** აღების მიზანია: ნახმარ წყლებში დამაბინძურებლების კონცენტრაციის განსაზღვრა, დამაბინძურებლების შესაძლო წყაროების დადგენა და გამწმენდი ნაგებობების მუშაობის ეფექტურობის შეფასება.

ნიმუშის აღების პროგრამა უნდა ითვალისწინებდეს შემდეგ კონკრეტულ მიზნებს:

ა) ჩამდინარე წყლების ნაკადში დამაბინძურებლის კონცენტრაციის განსაზღვრა;

ბ) ჩამდინარე წყლებში შეტანილი დამაბინძურებლის მასის განსაზღვრა;

გ) ჩამდინარე წყლების გამწმენდი სადგურების პროექტირებისთვის საწყისი მონაცემების განსაზღვრა;

დ) ჩამდინარე წყლებში დამაბინძურებლის კონცენტრაციის დადგენილ ნორმებთან შესაბამისობის განსაზღვრა;

ე) ჩამდინარე წყლების ნაკადის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილების დადგენა დღის, კვირის, თვისა და წლის განმავლობაში.

სიღრმიდან, საყოფაცხოვრებო წყლებიდან ნიმუშამღები

ნიმუშის ასაღებმა მოწყობილობამ არ უნდა გამოიწვიოს ნიმუშის შედგენილობის ცვლილება (ადსორბციის, აორთქლებისა და სხვ. გამო) და ჭურჭელში (კონტეინერში) გარეშე სხვა ნივთიერებების მოხვედრა.

ნიმუშის აღება გრუნტის წყლებიდან

**ზოგადი მოთხოვნები ნიმუშის ასაღები მოწყობილობებისადმი**

**ყურადღება!**

*ნიმუშის აღებისა და შენახვისათვის შერჩეულმა ჭურჭელმა უნდა უზრუნველყოს:*

*ა) ნიმუშის შედგენილობის დაცვა განსასაზღვრი მაჩვენებლების დაკარგვის ან სხვა ნივთიერებებით დაბინძურებისგან;*

*ბ) ექსტრემალური ტემპერატურისა და რღვევისადმი მდგრადობა; მჭიდროდ და ადვილად თავის დახურვის შესაძლებლობა; აუცილებელი ზომები, ფორმა, მასა; განმეორებით გამოყენების ვარგისიანობა;*

*გ) შუქშეღწევადობა;*

*დ) ჭურჭლისა და საცობის დასამზადებლად გამოყენებული მასალის ქიმიური, (ბიოლოგიური) ინერტულობა (მაგალითად, ბორსილიკატის ან ნატრიუმ-კირიან მინას შეუძლია ნიმუშში გაზარდოს ნატრიუმის ან სილიციუმის შემცველობა);*

*ე) ჭურჭლის კედლის გაწმენდისა და დამუშავების, მძიმე მეტალებითა და რადიონუკლიდებით ზედაპირული დაბინძურების მოცილების შესაძლებლობა.*

დასაშვებია ნიმუშის ასაღებად ერთჯერადი ჭურჭლის გამოყენება.

პარაზიტოლოგიური მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის, ჭურჭელი უნდა ჰქონდეს მჭიდრო საცობი.

ა) დაუშვებელია ნიმუშის აღება ვედროსმაგვარ, ღია ჭურჭელში. ვიწრო და ფართოყელიანი, მოსახრახნსახურავიანი ჭურჭელი უნდა აღიჭურვოს ინერტული პლასტმასის (მაგალითად, პოლიტეტრაფტორეთილენის) ან მინის საცობით;

ბ) დაუშვებელია რეზინის საფენების ან საცხის გამოყენება იმ შემთხვევაში, თუ ჭურჭელი გამიზნულია ორგანულ ან მიკრობიოლოგიურ მაჩვენებლებზე ნიმუშის ასაღებად.

მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების განსასაზღვრავად გამიზნული ჭურჭელი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

ა) უძლებდეს სტერილიზაციის დროს მაღალ – 175$^0$C ტემპერატურას 1 სთ-ის (მათ შორის საცობები და დამცავი ხუფები) განმავლობაში;

ბ) ჭურჭლიდან ნიმუშში არ უნდა გამოიყოს ისეთი ქიმიური შენაერთები, რომლებიც გავლენას მოახდენენ მის შიგთავსზე;

გ) უფრო დაბალ ტემპერატურაზე სტერილიზაციისას (სტერილიზაცია ორთქლით), შესაძლებელია პოლიკარბონატის ან თერმომდგრადი პოლიპროპილენისგან დამზადებული ჭურჭლის გამოყენება;

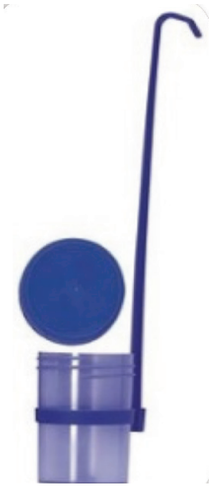
დ) საცობისა და სახურავის სტერილიზაცია უნდა წარმოებდეს ისე, როგორც ჭურჭლის შემთხვევაში;

ე) მიკრობიოლოგიური ნიმუშის ასაღებად გამოყენებული ნებისმიერი ჭურჭელი თავისუფალი უნდა იყოს მჟავის, ტუტის და ტოქსიკური შენაერთებისგან;

### ნიმუშის ასაღები მოწყობილობის ტიპები

განსაზღვრულ სიღრმეზე წერტილოვანი ნიმუშის ასაღებად გამოიყენება ბატომეტრი. დასაშვებია წყლის ნიმუშის აღება ბოთლით. ნიმუშის ასაღებად მიზანშეწონილია გამოიყენონ სპეციალური ბოთლები, მაგალითად, ბოთლები ამოტუმბული ჰაერით.

ფსკერის ნადების ნიმუშს იღებენ ფსკერის ამომხაპველით, რომელიც თავისი მასით ან მოქმედების უნარით შეესაბამება გრუნტის ქვედა ფენის ჩაწოლას.

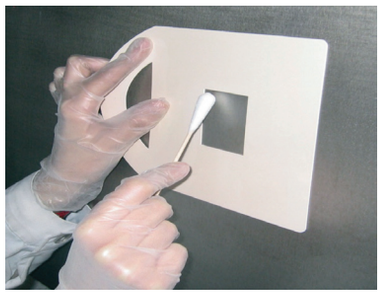


ნიმუშის ასაღები ავტომატური მოწყობილობებია: დროსა და მოცულობაზე დამოკიდებული ავტომატური ნიმუშამღები. დროზე დამოკიდებული ნიმუშამღებით წარმოებს დისკრეტული, შედგენილი ან უწყვეტი ნიმუშების აღება, მაგრამ არ არის გათვალისწინებული წყლის ნაკადში არსებული განსხვავება. მოცულობაზე დამოკიდებული ნიმუშამღებით იღებენ იმავე ტიპის ნიმუშებს, ნაკადში არსებული განსხვავების გათვალისწინებით.

მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის, ნიმუშების ასაღებად უმეტეს შემთხვევაში გამოიყენება მინის სტერილური ბოთლები ან პოლიმერული მასალის ერთჯერადი ჭურჭელი.

ბიოლოგიური ნიმუშის აღება:

- ფიტოპლანქტონის ნიმუშის ასაღებად გამოიყენება ბატომეტრი და პლანქტონის ბადე;
- ზოოპლანქტონის შეგროვებისას, ხარისხის უზრუნველყოფის მიზნით, უნდა გამოიყენონ სხვადასხვა კონსტრუქციის პლანქტონის ბადეები;
- კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე, ზოოპლანქტონის რაოდენობრივი შეგროვებისთვის გამოიყენება რაოდენობრივი ბადე, ბატომეტრი, სხვადასხვა ჭურჭელი (ტოლჩა, ვედრო და სხვა);
- პერიფიტონის ნიმუშებს იღებენ ორი მეთოდით – ნიმუშის აღება ბუნებრივი სუბსტრატიდან და ხელოვნური სუბსტრატების საშუალებით. ბუნებრივი სუბსტრატიდან ნიმუშის აიღება საფხეკის, დანის, სკალპელის, პინცეტის ან გალესილი სუფრის კოვზით;



- მაკროზოობენტოსის ნიმუშის აღების მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია მთელ რიგ პარამეტრზე: წყლის სიღრმეზე, ნაკადის მიმართულებაზე, ასაღები ობიექტის სახეობაზე და ა.შ. ნიმუშის ასაღებად გამოიყენება ბადეები, საფხეკები, ფსკერმხაპავები ან დიდი ბადეები და შეგროვების სხვა საშუალებები;
- თევზები შესაძლებელია შეგროვდეს აქტიურად და პასიუ-

რად, გავრცელების ადგილისა და ნიმუშის აღების მიზნიდან გამომდინარე. 2 მეტრამდე სიღრმის ნაკადულებსა და მდინარეებში ნიმუშის აღებას აწარმოებენ თევზჭერის ელექტრული მეთოდით, მუდმივი დენის ერთგვაროვანი ველის, მუდმივი და ცვალებადი დენის იმპულსური ველის გამოყენებით. დიდ მდინარეებზე ნიმუშის აღებისთვის გამოიყენება სხვადასხვა მექანიზმი;

- მდორე და დამდგარ წყლებში თევზჭერისთვის მიზანშეწონილია ბადის გამოყენება. თევზის აქტიური ჭერის ბადეები (კალათისმაგვარი ბადე, ჩანთისებრი ბადე, სათევზაო ტრალი ბადე) გამოიყენება წყლებში, სადაც არ არის შემოღობვა. თევზის ნიმუშის აღების მეთოდიკის შერჩევა დამოკიდებულია გამოყენებულ მოწყობილობაზე (ბადის უჯრედების ზომაზე, ელექტრული ველის მახასიათებლებზე), თევზის ჩვევაზე, თევზის ჭერისათვის ელექტრული მახეების გამოყენების საკანონმდებლო შეზღუდვაზე, ნიმუშის მდგომარეობაზე (ცოცხალი ან მკვდარი).

- **ნიმუშის აღება მიკრობიოლოგიური ანალიზისთვის:**

მიკრობიოლოგიური ანალიზისთვის ნიმუშებს იღებენ მანამდე, სანამ აიღებენ ნიმუშებს ფიზიკურ-ქიმიური და ორგანოლეპტიკური ანალიზებისათვის.

თუ პროდუქტებთან დაკავშირებით არ არსებობს შესაბამისი სტანდარტი, ასეთ შემთხვევაში ხსნიან შეფუთული პარტიის 5%-ს, მაგრამ არანაკლებ 5 ერთეულს.

მზა პროდუქციიდან ნიმუშის აღების წინ აუცილებელია დათვალიერდეს მთელი პარტია, შემდეგ გაიხსნას საფუთავის ცალკეული ერთეულები, შეფასდეს ორგანოლეპტიკურად და მხოლოდ ამის შემდეგ აიღონ ნიმუში.

მიკრობიოლოგიური ანალიზისთვის ნიმუშებს იღებენ სტერილური ინსტრუმენტით: დანით, კოვზით, პინცეტით, ნიმუშამღებით, საცეცით და ათავსებენ სტერილურ ჭურჭელში.

სამომხმარებლო ტარაში მცირედ დაფასოებული პროდუქციიდან აიღება ერთი ან რამდენიმე ერთეული ნიმუში - ერთეულების რაოდენობა განისაზღვრება სამომხმარებლო ტარის მასიდან ან მოცულობიდან გამომდინარე.

სატრანსპორტო ან სამომხმარებლო ტარაში დიდი ზომის დაფასოებული პროდუქციიდან ნიმუშებს იღებენ სხვადასხვა ადგილიდან და სხვადასხვა სიღრმიდან, მათ შორის ზედაპირიდან.

თხევადი, პასტისმაგვარი პროდუქციიდან ნიმუშს იღებენ ნიმუშამღებით ან გრძელსახელურიანი ჩამჩით (მორევის შემდეგ) და ათავსებენ სტერილურ ჭურჭელში. ფხვიერი პროდუქტებიდან ნიმუში აიღება მორევის შემდეგ, სხვადასხვა წერტილიდან. ტომსიკებში მოთავსებული ფხვიერი მასალიდან ნიმუშს იღებენ საცეცის საშუალებით ისე, რომ აღება მოხდეს ყველა შრიდან.

მალფუჭებადი პროდუქციიდან ნიმუშის აღების შემთხვევაში, დროის ინტერვალი ნიმუშის აღებიდან ლაბორატორიულ ანალიზამდე უნდა შემცირდეს მინიმუმამდე. ასეთი ნიმუშები ინახება არაუმეტეს 6 საათის განმავლობაში 0-4°C ტემპერატურის პირობებში.

ტექნოლოგიურ პროცესში ნიმუშის აღებისას, ინტერვალი ნიმუშის აღებიდან გამოკვლევამდე მაქსიმალურად მცირდება.

- **ნიმუშის აღება ნედლეულიდან (ცოცხალი, ნედლი, გაცივებული და გაყინული თევზისა და ზღვის პროდუქტებიდან), გადამუშავების პროცესში და ნახევარფაბრიკატებიდან**

თევზიდან ნიმუშების ასაღებად, როგორც წესი, შემდეგი ინსტრუმენტები გამოიყენება:

- ✔ თევზის ქიმიური თუ მექანიკური ევთანაზიისთვის (მოკვდინებისთვის) საჭირო ნივთიერებები ან ინსტრუმენტები
- ✔ კანის ნიმუშის გასაწმენდად საჭირო დანები (ლორწოს და პარაზიტების ასაღებად)
- ✔ თევზის კუნთოვანი ქსოვილისა და შინაგანი ორგანოების საჭრელად საჭირო დანები, მაკრატელი, მაშა ან პინცეტი (ნიმუშები ჰისტოლოგიური ქიმიური ანალიზისთვის)
- ✔ თევზის შინაგანი ორგანოებიდან (თირკმელი, ლაყუჩები,

ნაწლავები, ლორწო) ბიოფსიის სინჯების ასაღებად (ნიმუშები მიკრობიოლოგიური და ქიმიური ანალიზისთვის) საჭირო ნემსები

- ✔ ფიზიოლოგიური ხსნარი (0.6%), პეპტონის წყალი, ფიქსატორები (ჰისტოლოგიური ნიმუშები)
- ✔ ქსოვილის ნიმუშის დასამუშავებლად, გასაშრობად, გასაყინად და ჰომოგენიზაციისთვის საჭირო იარაღები.

თევზიდან ნიმუშის ასაღებად, უმეტეს შემთხვევებში საჭიროა თევზის მოკვდინება, ან ზოგჯერ, ანესთეზიის გამოყენება. თევზის მოკვდინება (ევთანაზია) უნდა მოხდეს ჰუმანურად, ფიზიკური მეთოდით (თავის სწრაფად მოკვეთა შესაბამისი ბასრი ცულით) ან თევზში რომელიმე ქიმიური ნივთიერების შეყვანით (მიხაკის ზეთი, ტრიკაინის მეთანოსულფონატი. სხვ.). მრავალ სხვადასხვა ავტორს აქვს გამოქვეყნებული ქიმიური წესით მოკვდინებისა და ანესთეზიის დეტალური ინსტრუქციები (მაგ. Neiffer and Stamper, 2009).

ნიმუშების ასაჭრელი დანები ჩვეულებრივ სკალპელის ტიპისაა (იხ. სურ.), ხოლო, რაც შეეხება მაკრატლებს, ისინი უნდა იყოს უჟანგავი ლითონისგან დამზადებული, მომცრო და ბასრი. მიკრობიოლოგიური ნიმუშების აღების შემთხვევაში, აუცილებელია სტერილური დანებისა და მაკრატლების გამოყენება.

თევზის რბილობიდან, კანიდან და ლორწოდან ნიმუშების ასაღები ტიპიური სკალპელი

ზოგადად, თევზიდან აღებულ ნიმუშებს არ უნდა მიეცეს გაშრობის საშუალება, განსაკუთრებით მიკრობიოლოგიური ანალიზის წინ. ამისთვის ნიმუშები უნდა ჩაეშვას 0,6 %-ან ფიზიოლოგიურ ხსნარში ან პეპტონის წყალში და ანალიზის ჩატარებამდე (რაც ნიმუშის აღებიდან ერთ-ორ საათში უნდა განხორციელდეს) ამ ფორმით შეინახონ მაცივარში. ზოგჯერ სასურველია გაყინული ნიმუშის სწრაფი გადნობა (ქიმიური ანალიზისთვის, ან როცა კონკრეტული ანალიზის ჩატარებამდე საკმაო დროა დარჩენილი).

ჰისტოლოგიური და ციტოლოგიური ანალიზისთვის განკუთვნილი ნიმუშებისთვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სწრაფ ფიქსაციას, რათა თავიდან ავიცილოთ ავტოციტოლიზი (ქსო-

ვილების და უჯრედების დესტრუქცია საკუთარი ფერმენტების მიერ), ხრწნა და უცვლელად შევინარჩუნოთ მიკროანატომიური სურათი. ტიპიურ ფიქსატორებში შედის: ფორმალინი (ჩვეულებრივ დაახლოებით 4% ფოსფატო-მარილხსნარში), მეთანოლ-კრისტალური ძმარმჟავა და მეთანოლ-კრისტალური ძმარმჟავის ნაერთები (ამ ფიქსატორების უმეტესობა ხელმისაწვდომია კომერციულ ქსელში). თევზის ნიმუშებისთვის ყველაზე ფართოდ გამოყენებული ფიქსატორია ბოუინის ხსნარი (5% ძმარმჟავა, 9% ფორმალინი, და 0.9% პიკრინის მჟავა წყალხსნარში). ფიქსაციის დრო დამოკიდებულია ფიქსატორისა და ნიმუშის სახეობაზე. ფიქსატორის ოდენობა, როგორც წესი სულ ცოტა ათჯერ აღემატება ნიმუშის ოდენობას.

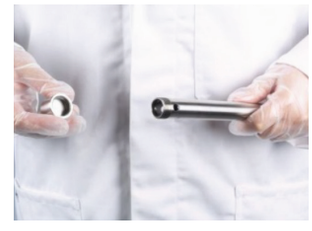
**ჰისტოლოგიური ნიმუშების აღება**

თევზიდან ჰისტოლოგიური ნიმუშების აღება რეგულირდება განსაზღვრული სტანდარტული პროტოკოლით. ბასრი სკალპელით სხეულის ვენტრალური მუცლის კედელზე წინა/უკანა მხარეს კეთდება 20-25 მმ სიგრძის განაკვეთი. შემდეგ სკალპელს ფრთხილად ამოიღებენ ჭრილიდან. სქესის განსასაზღვრად ტარდება საკვერცხეებისა და სათესლე ჯირკვლების ვიზუალური დათვალიერება და წვეტიანი პინცეტით აიღება მცირე ზომის ბიოფსიური ნიმუში (5-8 მმ). ამ დროს პინცეტი ძალიან ფრთხილად შეყავთ მუცლის ღრუში სასქესო ჯირკვლამდე. ამის შემდეგ ბასრი მაკრატლით აჭრიან ქსოვილის ნიმუშს და შემდგომი ჰისტოლოგიური კვლევისთვის დებენ ბოუინის ფიქსატორ ხსნარში.

სასქესო ჯირკვლების ჰისტოლოგიური ნიმუშები ინახება ბოუინის ხსნარში. 48 საათის შემდეგ, ნიმუშებს დებენ პარაფინში და შემდეგ გრაფიკის დაცვით მონაცვლეობით დებენ სპირტში, დეჰიდრატაციისა და გასუფთავების მიზნით. ბლოკები დაყოფილია 6 მიკრომეტრის სისქის შრეებად, რომლებიც ჰისტოლოგიური ექსპერტიზისთვის იღებება ჰემატოქსილინითა და ეოზინით. თუ პროცედურა ტარდება ცოცხალ თევზზე, მაშინ

ლაყუჩები უნდა შენარჩუნდეს სველ მდგომარეობაში. აბდომინალური განაკვეთი იხურება ერთი ან ორი მარტივი ნაკერით, ნემსისა და მომჭერების გამოყენებით. თევზის კუნთში შეყავთ 1 მლ 5%-ანი ოქსიტეტრაციკლინი თითო თევზზე და შემდეგ დეზინფექციის მიზნით, განაკვეთის ადგილს ამუშავებენ პროვიდონ-იოდინის ხსნარისა და ქლორამფენიკოლის სპრეით. ბიოფსიის პროცესში არ გამოიყენება ღრმა ანესთეზია.

- ✗ მცირე ზომის თევზისა და ზღვის პროდუქტების გამოსაკვლევი პარტიის სხვადასხვა ადგილიდან ნიმუშის აღება 3-10 ცალის რაოდენობით
- ✗ დიდი ზომის თევზისა და ზღვის პროდუქტებიდან 3 ცალი ნიმუშის აღება - თითოეული ეგზემპლარის სხვადასხვა ადგილიდან ამოკვეთენ კანისა და კუნთების 4 სმ$^2$ ფართობის და 4-5 მმ სისქის ნაჭრებს (არ ეხებიან ნაწლავს)
- ✗ ქვირითის, სათესლე ჯირკვლების, დიდი ზომის თევზის შემთხვევაში, ზოგადი მიკრობული რაოდენობის განსასაზღვრად ჩამონარეცხების გაკეთება სტერილურ სითხეში დასველებული ტამპონით, 100 სმ$^2$ ფართობის სხვადასხვა ზედაპირიდან
- ✗ დაჭრილი და გარეცხილი თევზიდან ნიმუშის აღება მცირე ზომის ნაჭრების ამოკვეთის გზით, არაუმეტეს 300 გრამი მასით
- ● ტექნოლოგიურ პროცესში ახალი ხიზილალიდან საშუალო ნიმუშის აღება 100 გრამის ოდენობით გამოსაკვლევი პარტიის 3 სხვადასხვა ადგილიდან.
- ● დაჭრილი და დამარილებული სათესლე ჯირკვლების სხვადასხვა ადგილიდან ნიმუშის აღება 2-3 ნაჭრის სახით, 100 გრამის მასით
- ● გაყინული თევზიდან ნიმუშის აღება 3 ბლოკიდან, თითოეულიდან 2-3 ნაჭრის სახით - აღებული ნაჭრების დეფროსტირება (ერთგვაროვანი კონსისტენციის პროდუქტების გალღობა ხდება 18 - 20°C ტემპერატურაზე 1 საათის განმავლობაში ან თერმოსტატში 35°C ტემპერატურაზე არაუმეტეს 15 წუთის განმავლობაში)



- გაყინული ფარშიდან ნიმუშის აღება 3 ბრიკეტის ზედაპირული ფენებიდან ან სიღრმიდან, თითოეულიდან 2-3 ნაჭრის სახით, 200 გრამი მასით, შემდგომში ქილაში მოთავსებით. ანალიზის გაკეთებამდე ახდენენ ნიმუშის გალღობას 2-5°C ტემპერატურაზე იმავე ქილაში.

- **ნიმუშის აღება თევზისა და ზღვის მზა პროდუქტებიდან**

ა) ნიმუშის აღება შებოლილი თევზიდან

→ მზა შებოლილი პროდუქტიდან (დაუნაწევრებელი თევზი, დანაწევრებული, თევზის ნაჭრები, ზურგიელი) ნიმუშების აღება მათი ტარაში დაფასოების შემდეგ - სატრანსპორტო შეფუთვის 3 ერთეულიდან (ყუთიდან) არაუმეტეს 500 გრამი მასის ოდენობით

→ სამომხმარებლო ტარიდან (500გ მასის პოლიეთილენის ტომსიკები, მეტალური და პოლიმერული ქილები) ნიმუშის აღება 1-2-3 შეფუთვის სახით მისი მთლიანობის დარღვევის გარეშე, არაუმეტეს 300გ მასით

→ დიდი ზომის შებოლილი თევზიდან განივი ნაჭრების ამოკვეთა არაუმეტეს 300 გრამის ოდენობით - ანალიზის წინ ნიმუშს აქუცმაცებენ.

ბ) ნიმუშის აღება პრესერვებიდან

→ პრესერვიდან ნიმუშების აღება ქილების დახუფვიდან 2 საათის შემდეგ

→ პრესერვიდან (სუნელებიანი ან სპეციალური დამარილების) ნიმუშის ასაღებად წინასწარ მისი შენჯღრევა და წათხიდან ნიმუშის აღება

→ ზეთიანი, სოუსიანი პრესერვიდან ნიმუშის ასაღებად (სადაც მცირე ოდენობითაა თხევადი ფაზა) ქილის შიგთავსის შერევა იგივე რაოდენობის 0.1%-იან პეპტონის წყალთან და შემდეგ ნიმუშის აღება.

გ) ნიმუშის აღება დამარილებული და დამარინადებული თევზიდან

- მცირე ზომის თევზის აღება 3-10 ეგზემპლარის ოდენობით, სრული დაქუცმაცება და გაწმენდა
- მსხვილი ეგზემპლარებიდან (2-3 ცალი), ორივე მხარეს ხერხემლის გასწვრივ კუნთების ამოკვეთა კანთან ერთად (ნაწლავის შეუხებლად)
- ნიმუშის აღება ყოველი ეგზემპლარის თითოეული ნახევრიდან.

დ) ნიმუშის აღება ხიზილალას პროდუქციიდან

- კასრებში დაფასოებული ხიზილალიდან ნიმუშების აღება საცეცის მეშვეობით ზედა, შუა და ქვედა ფენიდან. ანალიზისათვის დაფასოებულის 3% ერთეულის აღება, მაგრამ არანაკლებ 3 კასრიდან. საშუალო ნიმუშის საერთო მასა უნდა იყოს დაახლოებით 100 გრამის ოდენობით
- მეტალურ ქილებში დაფასოებული ხიზილალის შემთხვევაში (500 სმ$^3$ და მეტი) ნიმუშის აღება ასორტიმენტის მიხედვით (თართი, სვია ....) 3 ქილიდან - საშუალო ნიმუში 50 გრამი მასით
- მარცვლოვანი და დაწურული ხიზილალიდან ნიმუშის აღება 3 ქილიდან 50 გ მასის ოდენობით
- პასტერიზებული ხიზილალიდან ნიმუშის აღება ტარის და ასორტიმენტის მიხედვით 100 გრამის ოდენობით - 3 ქილიდან ხდება საშუალო ნიმუშის აღება

- **ნიმუშის აღება ბაქტერიოლოგიური კვლევებისთვის**

ნიმუშისთვის ტარის რაოდენობის შერჩევა

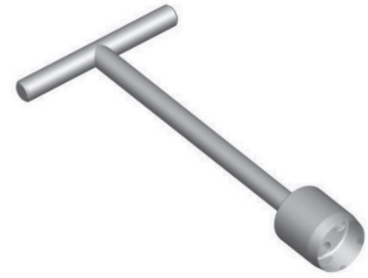
- პროდუქციის მიღებისას, პროდუქციის პარტიის სხვადასხვა ადგილებიდან, შემთხვევითი შერჩევის გზით, სატრანსპორტო ტარის ამორჩევა (დამზადების სხვადასხვა თარიღით)

| პარტიის მოცულობა (სატრანსპორტო ტარის რაოდენობა) | შერჩევის მოცულობა (შერჩეული სატრანსპორტო ტარის რიცხვი) |
|---|---|
| 2 - 150 | 2 |
| 151 - 280 | 3 |
| 281 - 500 | 4 |
| 501 - 1200 | 5 |
| 1201 - 3200 | 7 |
| 3201 – 10 000 | 10 |
| 10 001 – 35 000 | 15 |
| 35 000-ზე მეტი | 20 |

### გაერთიანებული ნიმუშის შედგენა

- თევზისა და ზღვის პროდუქტებისთვის (ცოცხალი, ნედლი, გაცივებული, გაყინული, დამარილებული, დამარინადებული, გამომშრალი, შებოლილი, ნახევარფაბრიკატები, საკვები პროდუქცია და ა.შ) გაერთიანებული ნიმუშის შედგენა არაუმეტეს 3 კგ-ის ოდენობით
- ბლოკების სახით გაყინული პროდუქციიდან ნიმუშების აღება ყუთის შუა ბლოკიდან ან ცალობით შეფუთული ბლოკიდან - დიაგონალის მიხედვით, ორი საწინააღმდეგო ნაჭრის აღება თითოეული 0,1 კგ-ის ოდენობით ან ბლოკის შუიდან (როგორც სისქის, ასევე სიღრმის მიხედვით) 0,2 კგ-ის ოდენობით
- გაყინული ხორცის და შინაგანი ორგანოების (ღვიძლი) თითოეული გახსნილი სატრანსპორტო ტარიდან მათი გალღობის შემდეგ, 3 წერტილოვანი ნიმუშის აღება ბლოკის ან ნაჭრების სხვადასხვა ადგილიდან - თითოეული ნიმუში არაუმეტეს 0.3 კგ მასის. გაერთიანებული ნიმუშის საერთო მასა უნდა შეადგენდეს არაუმეტეს 2 კგ-ს
- წყლის უხერხემლოებისა და მათი პროდუქტებისთვის გაერთიანებული ნიმუში არ უნდა აღემატებოდეს:

| | |
|---|---|
| ნედლი და ცოცხალი | პარტიის 1% |
| გაცივებული და გაყინული | 1.5 კგ |
| გამომშრალი | 0.5 კგ |



- წყლის გაყინული უხერხემლოების ბლოკიდან წერტილოვანი ნიმუშების აღება: თითოეული გახსნილი ტარის ერთ-ერთი ბლოკიდან დიაგონალის მიხედვით, ორი საწინააღმდეგო ნაჭრის აღება თითოეული 0,1 კგ-ის ოდენობით ან ბლოკის შუიდან (როგორც სისქის, ასევე სიღრმის მიხედვით) 0,2 კგ-ის ოდენობით
- გაყინული კიბორჩხალის წერტილოვანი ნიმუშების აღება ტარის სხვადასხვა ადგილიდან - გაერთიანებული ნიმუში უნდა შედგებოდეს კიდურების 3-5 კომპლექტისგან, 10-12 ცალი ცალკეული კიდურისგან ან 3-5 ცალი კიბორჩხალისგან
- საკვები ფქვილის 3-4 წერტილოვანი ნიმუშის აღება თითოეული გახსნილი ტარიდან, საცეცის მეშვეობით (შეფუთვის ზემო, შუა და ქვედა ნაწილებში). გაერთიანებული ნიმუშის საერთო მასა უნდა შეადგენდეს არანაკლებ 1 კგ-ს

### საშუალო ნიმუშის შედგენა

- თევზისა და ზღვის პროდუქტებისთვის (ცოცხალი, ნედლი, გაცივებული, გაყინული, დამარილებული, დამარინადებული, გამომშრალი, შებოლილი, ნახევარფაბრიკატები, საკვები პროდუქცია და ა.შ) საშუალო ნიმუშის შედგენა არაუმეტეს 3 კგ-ის ოდენობით
- ეგზემპლარის მასიდან გამომდინარე, თევზის საშუალო ნიმუშის მასა უნდა იყოს:

| საშუალო ნიმუშის მასა | ეგზემპლარის მასა |
|---|---|
| 0.3 – 0.5 კგ | 0.1 კგ და ნაკლები |
| 0.6 – 3.0 კგ | 0.1 – 0.5 კგ-ზე მეტი |
| 1.5 – 3.0 კგ | 0.5 – 1.0 კგ-ზე მეტი |
| არაუმეტეს 1.0 კგ | 1.0 კგ-ზე მეტი |

- ბლოკების სახით გაყინული პროდუქციიდან საშუალო ნიმუშების შედგენა არაუმეტეს 0,6 კგ-ის ოდენობით
- გაყინული ხორცის და შინაგანი ორგანოებისთვის (ღვიძლი) საშუალო ნიმუშის მასა უნდა შეადგენდეს არაუმეტეს 0.4 კგ-ს
- წყლის უხერხემლოებისა და მათი პროდუქტებისთვის საშუალო ნიმუში უნდა შეადგენდეს:

| | |
|---|---|
| ნედლი და ცოცხალი მოლუსკები | 0.5 – 1.0 კგ |
| გაყინული კიბორჩხალებისთვის | 0.3 კგ |
| სხვა გაყინული უხერხემლოებისთვის | 0.5 კგ |

- კასრებში, პოლიეთილენის სათლსა და კონტეინერში დაფასოებული ხიზილალიდან წერტილოვანი ნიმუშების აღება საცეცის მეშვეობით ზედა, შუა და ქვედა ფენიდან
- ქილებში დაფასოებული ხიზილალის საშუალო ნიმუშის შესადგენად სატრანსპორტო ტარის შერჩევა:

| | |
|---|---|
| 3 ქილა | 0.5 კგ-ზე ნაკლები მასის (ნეტო) ხიზილალიანი ქილებისათვის |
| 1 ქილა | 0.5 კგ-ზე მეტი მასის (ნეტო) ხიზილალიანი ქილებისათვის |

- ქილების სხვადასხვა ადგილიდან წერტილოვანი ნიმუშების აღება თითოეული 90 გრამის ოდენობით, რომლითაც შედგება საშუალო ნიმუში
- 0.15 კგ-ზე ნაკლები მასის ქილის შემთხვევაში წერტილოვან ნიმუშებს არ იღებენ, არჩევენ იმ რაოდენობის ქილებს, რომელთა საერთო მასა (ნეტო) შეადგენს საშუალო ნიმუშის მასას.

- **თევზიდან/ზღვის პროდუქტებიდან აღებული ნიმუშის მარკირება, ეტიკეტირება, ნიმუშის აღების შესახებ აქტის შედგენა**
  - ნიმუშის აღების შესახებ აქტის შედგენა, რომელშიც უნდა მიეთითოს:
    - აქტის შედგენის ნომერი და თარიღი

- ✗ ნიმუშის რიგითი ნომერი
- ✗ პროდუქციის დასახელება
- ✗ პროდუქციის ხარისხი და კატეგორია
- ✗ პროდუქციის დამზადების თარიღი
- ✗ მწარმოებლის დასახელება და ადგილმდებარეობა
- ✗ დოკუმენტის დასახელება, რომელშიც აღნიშნულია პროდუქციის დამზადების შესახებ
- ✗ ნიმუშის აღების თარიღი და ადგილი
- ✗ პარტიის ნომერი
- ✗ პარტიის მოცულობა და მასა
- ✗ ასორტიმენტის ნიშნის ნომერი
- ✗ ტარის ერთეულის ნომერი, რომლიდანაც აღებულია ნიმუში
- ✗ ნიმუშის მასა, მოცულობა და რაოდენობა
- ✗ ნიმუშის შენახვის ვადა და პირობები
- ✗ ნიმუშის აღების მიზანი
- ✗ დამკვეთის დასახელება და მისამართი
- ✗ ნიმუშის ამღები პირის სახელი, გვარი და თანამდებობა

→ თითოეული ნიმუშის ეტიკეტირება, დალუქვა

→ ეტიკეტზე შემდეგი ინფორმაციის დატანა:

- ✗ პროდუქციის დასახელება
- ✗ პროდუქციის დამზადების თარიღი
- ✗ მწარმოებლის დასახელება და ადგილმდებარეობა
- ✗ დოკუმენტის დასახელება, რომელშიც აღნიშნულია პროდუქციის დამზადების შესახებ
- ✗ ნიმუშის აღების თარიღი და ადგილი
- ✗ ნიმუშის შენახვის ვადა და პირობები

• **ნიმუშის აღება თევზის დავადების გამოსავლენად**

→ თევზის სხეულის ზედაპირზე წყლულის ან ნახეთქების არსებობისას მათი გაწმენდა სპირტის ალის მეშვეობით

→ დაზიანებული ადგილების პიპეტით გაჩხვლეტა

→ შიგთავსის ამოქაჩვა ნიადაგიან სინჯარაში

- ერთი ნაჭრის (1 გ 5 მლ ნიადაგზე) მოთავსება გლიცერინის ხსნარიან ბუშტში (თანაბრად - 0.65% ფიზიოლოგიური ხსნარი და გლიცერინი pH=7.2-ით)
- მეორე ნაჭრის მოთავსება შესაბამის ხსნარში (გაჯერებული პიკრინის მჟავა 80 გ სპირტზე, 15 მლ + 6 მლ ფორმალინი + 1.5 მლ გაყინული ძმარმჟავა) - არაუმეტეს 2 გ ქსოვილი 22 მლ ნიადაგზე
- მუცლის ღრუს ასეპტიკური გახსნა - ანუსიდან ზურგის ხაზის პარალელურად
- განაკვეთის დამუშავება სპირტის ალით
- სტერილური პიპეტით ღვიძლის, თირკმლის, ელენთის ქსოვილის აღება
- აღებული ქსოვილის მოთავსება ნიადაგიან სინჯარაში
- ერთი ნაჭრის მოთავსება გლიცერინის ხსნარიან ბუშტში
- მეორე ნაჭრის მოთავსება შესაბამის ხსნარში (გაჯერებული პიკრინის მჟავა 80 გ სპირტზე, 15 მლ + 6 მლ ფორმალინი + 1.5 მლ გაყინული ძმარმჟავა).

ნიმუშის აღება VHSV-ის ან/და IHNV დასადგენად

**ყურადღება!**

*VHSV-ის ან/და IHNV დასადგენად, კლინიკური შემოწმების განხორციელება საჭიროა ოქტომბრიდან ივნისამდე, ან როცა წყლის ტემპერატურა 14$^0$C-ზე ნაკლებია. წელიწადში ორჯერ, ფერმის კლინიკურ შემოწმებებს შორის ინტერვალი უნდა იყოს არანაკლებ ოთხი თვე. ყველა საწარმოო ერთეული (წყალსატევები, ავზები, ბადისებრი გალიები და ა.შ.) უნდა შემოწმდეს მკვდარი, სუსტი ან ანომალური ქცევის თევზის გამოსავლენად. განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა წყალსაგდების (გამშვების) ტერიტორიას, სადაც წყლის დინების გამო გროვდება სუსტი თევზი.*

- ნიმუშის ასაღებად თევზის შერჩევა შემდეგი წესების დაცვით:
  - ✗ ცისარტყელა კალმახის არსებობისას, მხოლოდ ამ სახეობის თევზის შერჩევა ნიმუშის ასაღებად. ცისარტყელა კალმახის არარსებობისას, ნიმუშის აღება ყველა სხვა სახეობის თევზისგან, როდესაც ეს სახეობები მგრძნობიარეა VHSV-ის ან/და IHNV-ის მიმართ - ნიმუშში სახეობები უნდა არსებობდეს პროპორციულად
  - ✗ თუ თევზის საწარმოებლად გამოყენებულია წყლის ერთზე მეტი წყარო, თევზის ნიმუშს იღებენ იმ ადგილიდან, სადაც თავს იყრის წყლის ყველა წყარო
  - ✗ პირველ რიგში დასუსტებული, ანომალური ქცევის ან ახლად მკვდარი (გაუხრწნელი) თევზის შერჩევა (ასეთის არსებობისას). ასეთი თევზის არარსებობისას, ნიმუში აიღება ჩვეულებრივი, ჯანმრთელი თევზიდან, რომელიც შეგროვებულია პროპორციულად ფერმის ყველა ნაწილიდან და ყველა ასაკობრივი ჯგუფიდან.
- ლაბორატორიაში ნიმუშის გადაგზავნამდე, თევზიდან გამოსაკვლევი ორგანოების ამოკვეთა სტერილური გასაკვეთი იარაღების გამოყენებით
- ამოკვეთილი ორგანოების მოთავსება სატრანსპორტო ნიადაგის (უჯრედოვანი კულტურის საკვები არე 10% ხბოს შრატითა და ანტიბიოტიკებით) შემცველ სტერილურ პოლიეთილენის სინჯარაში. გამოსაკვლევი ქსოვილის მასალა არის ელენთა, თირკმელი და დამატებით, გული ან თავის ტვინი.
- არაუმეტეს 10 თევზის საკვერცხის სითხის ან ორგანოს ნაწილის შეგროვება ერთ სტერილურ სინჯარაში, რომელიც შეიცავს არანაკლებ 4 მლ სატრანსპორტო ნიადაგს და წარმოადგენს ერთ შერეულ ნიმუშს. თითოეულ ნიმუშში ქსოვილი უნდა იწონიდეს არანაკლებ 0,5 გრამს.
- ლაბორატორიაში ტრანსპორტირების დროს, ნიმუშების გაცივების უზრუნველსაყოფად, სინჯარების განთავსება იზოლირებულ კონტეინერებში (მაგალითად, სქელკედლიანი პო-

ლისტიროლის ყუთები) საკმარისი რაოდენობის ყინულთან ან „ყინულის ბლოკებთან" ერთად. თავიდან უნდა იქნეს აცილებული გაყინვა. ნიმუშის ტემპერატურა ტრანსპორტირების დროს არ უნდა აღემატებოდეს 10°C-ს. მიღებისას ყინული კვლავ უნდა იყოს გადასატან ყუთში ან არსებობდეს ერთი ან მეტი ყინულის ბლოკი – ნაწილობრივ ან მთლიანად გაყინული.

- ვირუსოლოგიური გამოკვლევის დაწყება ნიმუშის აღებიდან არა უგვიანეს 48 საათისა.
- როდესაც თევზის შეგროვება ხდება მოშორებულ ადგილებში და შეუძლებელია შეგროვების დღეს გადაგზავნა, ვირუსოლოგიური გამოკვლევის დაწყება მასალის შეგროვებიდან არა უგვიანეს 72 საათისა, იმ პირობით, რომ შესამოწმებელი მასალა დაცული იქნება სატრანსპორტო ნიადაგით და შესაძლებელია ტრანსპორტირების დროს ტემპერატურასთან დაკავშირებული მოთხოვნების დაცვა.

**ყურადღება!**
*მთლიანი თევზი შეიძლება გაიგზავნოს ლაბორატორიაში, თუ ტრანსპორტირების დროს შესაძლებელია ტემპერატურასთან დაკავშირებული მოთხოვნების დაცვა.*

მთლიანი თევზი შეიძლება შეახვიონ შეწოვის უნარის მქონე ქაღალდში და გაცივებულ მდგომარეობაში გააგზავნონ პოლიეთილენის პარკით, დადგენილი მოთხოვნების შესაბამისად. შეიძლება გაიგზავნოს ცოცხალი თევზიც.

### აირადი მასალიდან ნიმუშის აღება

- ატმოსფერული ჰაერის შესწავლისას უნდა შეირჩეს კვლევის ისეთი ადგილები და წერტილები, რომლებიც ზუსტად დაახასიათებს დაბინძურების დონეს და განსაზღვრავს დაბინძურებით გამოწვეულ საფრთხეს
- მიღებული შედეგების დასადასტურებლად თითოეულ წერტილში იღებენ 4 პარალელურ სინჯს

- ატმოსფერულ ჰაერში დაბინძურების ტალღის რადიალური გავრცელების განსაზღვრისათვის ჰაერის სინჯი აიღება ქარის მიმართულებით, დამუშავებული ნაკვეთის კიდიდან 2 კმ-ის მანძილზე, 300-500 მეტრის ინტერვალებით - ცალკეულ შემთხვევაში (პესტიციდების გამოყენების მეთოდის შეფასება) გამოსაკვლევი ზონა იზრდება 10 კმ-მდე, 2 კმ-იანი ინტერვალებით.

**ატმოსფერული ჰაერის ნიმუშების აღების ტექნოლოგია**

- ნიმუშის აღების წინ შეირჩევა ნიმუშის აღების მეთოდი, განისაზღვრება მშთანთქმელი არისა და ნიმუშის მოცულობა
- ატმოსფერულ ჰაერში პესტიციდების შემცველობის დონის დასადგენად გამოიყენება ნიმუშის აღების ასპირაციული მეთოდი.
- ასპირატორის, ეჟექტორის, ტუმბოს ტიპის ჰაერის გამაფრქვეველის საშუალებით ხდება ატმოსფერული ჰაერის ნიმუში განსაზღვრული სიჩქარით გაიწოვება რეომეტრში, როტამეტრში ან გაზურსაათში.
- ჰაერის ნიმუშის აღებისათვის საჭირო სპეციალური ხელსაწყოების არქონის შემთხვევაში, იყენებენ დამხმარე ტექნიკურ საშუალებებს: მტვერსასრუტს, მანქანის კარბურატორს, სხვადასხვა შემწოვ ტუმბოებს - ამ დროს ჰაერის გაწოვის სიჩქარის დასადგენად აუცილებელია რეომეტრის ან როტამეტრის გამოყენება
- მშთანმთქმელი არეების სწორად შერჩევისთვის გასათვალისწინებელია საკვლევი მასალის აგრეგატული მდგომარეობა
- სხვადასხვა აეროზოლის შთანთქმისათვის იყენებენ ფილტრებს.
- ორთქლი შთაინთქმება მყარი სორბენტებით (სილიკაგელი, აქტივირებული ნახშირი).

**თევზიდან და თევზის საარსებო გარემოდან აღებული ნიმუშის შენახვა-ტრანსპორტირება**

- ტრანსპორტირებისას ჭურჭელს ათავსებენ ტარაში (კონტეინერი, ყუთი, ბუდე), რათა თავიდან აიცილონ მისი დაბინძურება და დაზიანება. სინჯის მთლიანობის შენარჩუნებისა და ტრანსპორტირებისას, შესაძლო დაზიანების შემცირების მიზნით, ტარა ტრანსპორტირებისათვის შესაძლებელია დამზადდეს სხვადასხვა მასალისგან (პენოპლასტი, გოფრირებული მუყაო და ა.შ.). ტარას კონსტრუქცია ხელს უნდა უშლიდეს ჭურჭლის თვითნებურ გახსნას.
- ყუთების სახურავებს გადაახვევენ ჩვეულებრივი საიზოლაციო მასალით, ტარის საცობზე ზეწოლის აცილების მიზნით.
- სასწრაფო გამოკვლევებს დაქვემდებარებული ნიმუშები ცალკე უნდა დაჯგუფდეს და გაიგზავნოს ლაბორატორიაში.

- **ნიმუშები ბიოლოგიური მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის** - მდინარის „ჭუჭყიანი” წყლების ტრანსპორტირება ხდება ცალ-ცალკე, მარკირებული კონტეინერებით, ნიმუშების მიტანის შემდეგ კონტეინერი ექვემდებარება დეზინფექციას
- მალფუჭებადი პროდუქციის ტრანსპორტირებისას ნიმუშების მუდმივი გაცივება - რეჟიმი 2-7$^0$C ტემპერატურის მაცივარში ან თერმოკონტეინერში არაუგვიანეს 24 საათის განმავლობაში

- გაყინული თევზიდან აღებული ნიმუშის ტრანსპორტირება მაცივრით ან თერმოკონტეინერით 1-18$^0$C ტემპერატურაზე, არაუგვიანეს 36 საათის განმავლობაში.

## პრაქტიკული დავალება:

1. თევზიდან, თევზის საკვებიდან  და ზღვის პროდუქტებიდან ნიმუშის აღება
2. ნიმუშის აღება მიკრობიოლოგიური ანალიზისთვის
3. ნიმუშის აღება ნედლეულიდან (ცოცხალი, ნედლი, გაცივებული და გაყინული თევზისა და ზღვის პროდუქტებიდან), გადამუშავების პროცესში და ნახევარფაბრიკატებიდან
4. ნიმუშის აღება ბაქტერიოლოგიური კვლევებისთვის

## კითხვები:

ჩამოთვალეთ ნიმუშის სახეები

აღწერეთ თევზის საარსებო გარემოდან ნიმუშის ასაღებად საჭირო ხელსაწყოების მუშაობის პრინციპები

აღწერეთ ნიმუშის ასაღებად საჭირო ხელსაწყოებისა და მასალების მომზადების სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნები და შერჩევის წესი

აღწერეთ მყარი მასალიდან ნიმუშის უსაფრთხოდ აღების წესი (მათ შორის მიკრობიოლოგიური კვლევისათვის)

აღწერეთ ნიმუშის აღების წესი მყარი ზედაპირებიდან

აღწერეთ თევზის გაკვეთისა და ნიმუშის აღების წესი ჰისტოლოგიური კვლევებისთვის

აღწერეთ ნიმუშის აღების წესი ბაქტერიოლოგიური კვლევებისთვის

აღწერეთ ნიმუშების აღების წესი VHS-/IHN/IPN- დაავადების გამომწვევი ვირუსების დასადგენად

აღწერეთ ნიმუშის აღების წესი თევზისა და ზღვის პროდუქტებიდან (ცოცხალი, ნედლი, გაცივებული და გაყინული)

აღწერეთ ნიმუშის აღების წესი თევზისა და ზღვის პროდუქტებიდან გადამუშავების პროცესში

აღწერეთ ნიმუშის აღების წესი თევზისა და ზღვის პროდუქტების ნახევარ-ფაბრიკატებიდან

აღწერეთ ნიმუშის აღების წესი თევზისა და ზღვის მზა პროდუქტებიდან

აღწერეთ ნიმუშის აღების წესი თევზის საკვებიდან

აღწერეთ ზედაპირული წყლის ნიმუშის აღების წესი

აღწერეთ თევზმეურნეობის წყალსატევის წყლის  ნიმუშის აღების წესი მიკრობიოლოგიური ანალიზისთვის

აღწერეთ თევზის საარსებო გარემოდან აღებული ნიმუშის მარკირების, ეტიკეტირების და აქტის შედგენის წესი

აღწერეთ აირადი მასალიდან ნიმუშის აღების წესი მიკრობიოლოგიური კვლევისათვის

აღწერეთ ნიმუშის ტრანსპორტირების პირობები

# თავი 4

# თევზისა და ზღვის პროდუქტების ლაბორატორიის მოწყობილობების ოპერირება

*ამ თავის დასრულების შემდეგ პირს შეეძლება ლაბორატორიული მოწყობილობების სამუშაო რეჟიმში მოყვანა და მათი კონტროლი, მათი დამოწმება და გაზომვების შედეგების დამუშავება.*

## შესავალი

წინამდებარე თავში მაგალითისთვის განვიხილავთ რამდენიმე ძირითადი და დამხმარე ტიპური ხელსაწყო-დანადგარის ოპერირების ზოგად და გამარტივებულ სქემას.

ხელსაწყოსთან მუშაობის დაწყებამდე სავალდებულოა ხელსაწყოს ოპერირების სახელმძღვანელოს დეტალური შესწავლა და მასში მითითებული ყველა რჩევის გათვალისწინება. ხელსაწყოსთან შემდგომი მუშაობის პერიოდში, ნებისმიერი სირთულის ან კითხვის გაჩენისას, ოპერატორმა ისევ და ისევ სახელმძღვანელო უნდა გამოიყენოს. ყველა ხელსაწყოსა და დანადგარს თან ერთვის მწარმოებლის მიერ გამოცემული ოპერირების სახელმძღვანელო. სახელმძღვანელოში დეტალურადაა აღწერილი ინფორმაცია მწარმოებლის შესახებ, მოცემულია შესაბამისობის (ხარისხის) დეკლარაცია, საგარანტიო პირობები, ხელსაწყო-დანადგარის მახასიათებლები, ტექნიკური მონაცემები, საექსპლუატაციო პირობები, უსაფრთხოების წესები, ელექტრული სქემები, სქემატური აგებულება, ექსპლუატაციის წესები და ინსტრუქციები, თითოეული შემადგენელი მნიშვნელოვანი კვანძის აგებულება, მათი მუშაობისა და მომსახურების წესები. სახელმძღვანელოში ჩამოთვლილია შესაძლო გაუმართაობები და ამ გაუმართაობების აღმოფხვრის გზები. მასში ასევე აღწერილია (შესაბამისი მწარმოებლის კატალოგში შესაბამისი ნომრის მითითებით) ყველა ის დეტალი, რომელიც მიმდინარე ან გაუთვალისწინებელი (დაუგეგმავი) რემონტის, ასევე პერიოდული სავალდებულო გეგმური მომსახურების დროს საჭიროებს შეცვლას, ჩანაცვლებას ან გაწმენდას.

## ELISA

### ლაბორატორიული მოწყობილობების გამართულობის შემოწმება

- მოწყობილობის ქსელში ჩართვის შემოწმება
- მოწყობილობის ქსელში ჩართვის შემდეგ, LED მონიტორის ჩართვისა და ინდიკატორული ნათურების ნათების შემოწმება
- ხელსაწყოს ავტოკონტროლის შემადგენელი აგრეგატების მექანიკური მოძრაობით სასტარტო მდგომარეობაში მოყვანა

- სითხის გაჟონვის ვიზუალური შემოწმება
- კაპილარის გაჭყლეტის ან გადაკეცვის ვიზუალური შემოწმება
- კორპუსის და ხელსაწყოს შემადგენელი ნაწილების მთლიანობის ვიზუალური შემოწმება.

**ლაბორატორიული მოწყობილობების დასუფთავება სტანდარტული ოპერაციული პროცედურების შესაბამისად (სოპ)**

- მტვრის რეგულარული მოცილება
- სამუშაოს დასრულების შემდეგ, ხელსაწყოს გაწმენდა ხსნარების და რეაქტივების გადმოღვრის ან გაჟონვის შემთხვევაში
- ხსნარების გამოცვლისას ჭურჭლის გამორეცხვა
- მწარმოებლის ინსტრუქციის შესაბამისად, სისტემის პერიოდული გამორეცხვა.

**ლაბორატორიული მოწყობილობების მარტივი გაუმართაობის აღმოფხვრა**

- მოწყობილობის პროგრამული უზრუნველყოფის ფუნქციაში შესაბამისი ნუმერაციის (Errors) სტანდარტული გაუმართაობების ნუსხის მოძიება
- თითოეული სტანდარტული გაუმართაობის შესაძლო მიზეზის და საჭირო ღონისძიების შესაბამისი ქმედების განხორციელება
- დაზიანებული კაპილარების (მიკროშლანგების) შეცვლა
- სისტემიდან სითხის გაჟონვის ან ნაკადის შეყოვნების შემთხვევაში, მომჭერების სიმჭიდროვის უზრუნველყოფა და/ან შუასადებების გამოცვლა
- ნემსის გაჭედვა-დაბინძურების შემთხვევაში მისი ამოღება და გამორეცხვა
- ნემსის გაფუჭების შემთხვევაში მისი გამოცვლა.

**ლაბორატორიული მოწყობილობების ჩართვა და სამუშაო რეჟიმში მოყვანა ინსტრუქციის შესაბამისად**

- სისტემის ხსნარებით შევსება
- ხელსაწყოს ჩართვა ქსელში
- ხელსაწყოს ჩართვა ღილაკის მეშვეობით
- ხელსაწყოს ავტოშემოწმება
- საანალიზო ნიმუშის მიხედვით სამუშაო პროგრამის შერჩევა
- სამუშაო პროგრამის გააქტიურება.

## მუფელის ღუმელი

### ექსპლუატაციის წესების დაცვა და ოპერირება

- ღუმელთან სამუშაოდ არ დაიშვებიან პირები, ვისაც შესწავლილი არ აქვს ხელსაწყოს პასპორტი და არ აქვს გავლილი ელქტროდანადგარებთან მუშაობის უსაფრთხოების ტექნიკის ინსტრუქტაჟი
- ყურადღების გამახვილება ხელსაწყოს სხვადასხვა აგრეგატსა თუ ნაწილზე აღნიშნულ გამაფრთხილებელ სიმბოლოებზე (მაგ. დენი, ცხელი ზედაპირი, მაღალი წნევა და ა.შ.)
- ექსპლუატაციისას სტანდარტების, ოპერაციული პროცედურებისა და მოხმარების წესების დაცვა
- მუშაობის დაწყებამდე ხელსაწყოს ვიზუალური დათვალიერება შესაძლო დაზიანებების აღმოსაჩენად
- აკრძალულია ღუმელის ჩართვა მისი კორპუსის დამიწების გარეშე
- აკრძალულია ჩართული ღუმელის უყურადღებოდ მიტოვება
- აკრძალულია ხელსაწყოს ექსპლუატაცია დაზიანებული ძალური კაბელის შემთხვევაში
- აკრძალულია მცველების გამოცვლა ქსელში ჩართულ ხელსაწყოზე
- აკრძალულია თვითნაკეთი მცველების გამოყენება
- აკრძალულია მუშაობის პროცესში ხელსაწყოს გარსაცავის მოხსნა
- აკრძალულია დაზიანებული ტიგელების გამოყენება
- აკრძალულია ტიგელების განთავსება ჩართულ ხელსაწყოში
- ხელსაწყოსთან მუშაობისას ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გამოყენება
- ღუმელის მუშაობისთვის უკანა კედელზე განლაგებული ავტომატური ჩამრთველის ჩართვა
- ღუმელის კამერის კარის გაღება, მასში დასამუშავებელი ნიმუშის მოთავსება და კარის დახურვა
- ღუმელი ჩართვა „ქსელის“ ღილაკზე დაჭერით
- მართვის პულტზე ღუმელის მუშაობის პროგრამის შერჩევა
- „გაშვების“ ღილაკზე დაჭერით შერჩეული პროგრამის ამოქმედება
- პროგრამის დასრულებისას „ქსელის“ ღილაკზე დაჭერით ხელსაწყოს გათიშვა
- ღუმელის კამერის კარის გაღება, ნიმუშის ამოღება და კარის დახურვა
- მუშაობის დასრულებისას, უკანა კედელზე განლაგებული ავტომატური ჩამრთველის გამორთვა.

## მოწყობილობა მყარ-თხევადი ექსტრაქციისთვის

### ექსპლუატაციის წესების დაცვა და ოპერირება

- ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის სამუშაოების განხორციელება კვალიფიციური პერსონალის მიერ
- შენიშვნა: მოწყობილობასთან სამუშაოდ არ დაიშვებიან პირები, ვისაც შესწავლილი არ აქვს ხელსაწყოს პასპორტი და არ აქვს გავლილი მუშაობის უსაფრთხოების ტექნიკის ინსტრუქტაჟი
- ყურადღების გამახვილება ხელსაწყოს სხვადასხვა აგრეგატსა თუ ნაწილზე აღნიშნულ გამაფრთხილებელ სიმბოლოებზე (მაგ. დენი, ცხელი ზედაპირი, მაღალი წნევა და ა.შ.)
- ექსპლუატაცისას სტანდარტების, ოპერაციული პროცედურებისა და მოხმარების წესების დაცვა
- მუშაობის დაწყებამდე ხელსაწყოს ვიზუალური დათვალიერება შესაძლო დაზიანებების აღმოსაჩენად
- ხელსაწყოს ექსპლუატაციის დროს გარემო პირობების (ტემპერატურა, ტენიანობა) პარამეტრების დაცვა
- მუშაობისას რაიმე საშიშროების გაჩენისას ან შეფერხებით ფუნქციონირებისას, ქსელიდან მოწყობილობის მყისიერი ამორთვა და ვაკუუმის ონკანის გახსნა
- სათადარიგოდ მხოლოდ ორიგინალური ნაწილების გამოყენება
- გარემოს 0°C-ზე ნაკლები ტემპერატურის შემთხვევაში, აგრეგატის ზეთისგან დაცლა
- აგრეგატის მუშაობის წარმართვა გარემოს ისეთ ტემპერატურაზე, რომელიც არ უნდა იყოს 12°C-ზე ნაკლები და 40°C-ზე მეტი
- აგრეგატის მუშაობისას, მის გარშემო სათანადო ვენტილაციის განხორციელება
- გადაკეცილი საჰაერო შლანგების გამოყენების დაუშვებლობა
- მუშაობისას სიფრთხილის გამოჩენა აგრეგატის ზედაპირის გაცხელების გამო
- აკრძალულია ხელსაწყოს ექსპლუატაცია დაზიანებული ძალური კაბელის შემთხვევაში
- აკრძალულია მცველების გამოცვლა ქსელში ჩართულ ხელსაწყოზე
- აკრძალულია თვითნაკეთი მცველების გამოყენება
- ხელსაწყოს ჩართვა-გამორთვა ჩამრთველის საშუალებით
- ხელსაწყოს ჩართვამდე ყველა ონკანის და ვენტილის დაკეტვა და ვაკუუმის ჯებირის გახსნა
- მუშაობისას ვაკუუმის რეგულირება ონკანებისა და ვენტილების მეშვეობით.

## მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფი

### ქრომატოგრაფის ჩართვა და  სამუშაო რეჟიმში მოყვანა, პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტების გამოყენება და ქრომატოგრაფული ანალიზის ჩატარება

- ქრომატოგრაფის ყველა შემადგენელი ბლოკის ჩართვა
- კომპიუტერის ჩართვა
- მცირე დროის შემდეგ ბლოკების სამუშაო რეჟიმში მოყვანა (ავტომატურად ხდება)
- ნიმუშის განთავსება ხელსაწყოს ნიმუშის შეყვანის ბლოკში
- ქრომატოგრაფის პროგრამული უზრუნველყოფის გააქტიურება
- საანალიზო ამოცანის შესაბამისად დეტექტირების სათანადო მოდულის შერჩევა
- პროგრამის შესაბამისი მოდულის მეშვეობით, ხელსაწყოს სათანადო სამუშაო რეჟიმზე გაყვანა საანალიზო ამოცანის მიხედვით
- პროგრამული უზრუნველყოფის მეთოდების „ბიბლიოთეკა“ მოძიება
- საანალიზო ამოცანის მიხედვით სათანადო მეთოდის შერჩევა და გახსნა
- შერჩეულ მეთოდურ მოდულში გაზომვასთან დაკავშირებული სხვადასხვა პარამეტრის შესაბამისობის შემოწმება
- ნიმუშის შესახებ ინფორმაციის შეყვანა
- ანალიზის დასაწყებად, სათანადო ბრძანებით შესაბამისი მეთოდის გაშვება
- პროგრამის შესაბამისი მოდულის და ოპერაციათა ერთობლიობის გამოყენებით მიღებული შედეგების დამუშავება.

### გაზომვის შედეგად მიღებული მონაცემების დამუშავება

- მონაცემების მიღება - მონიტორზე გამოჩნდება ანალიზის მიმდინარეობა და ქრომატოგრამა საძიებელი პიკებით
- ხელსაწყოს მართვის პროგრამის შესაბამისი მოდულის და ოპერაციათა ერთობლიობის გამოყენებით მიღებული მონაცემების დამუშავება
- საკალიბრო მრუდის აგება და დამუშავებული მონაცემების შესაბამისი შედეგების გამოთვლა.

### მონაცემების დასამუშავებლად საჭირო პროგრამული ტექნოლოგიების გამოყენება

- მიღებული მონაცემების დამუშავება ხელსაწყოს მართვის პროგრამის შესაბამისი მოდულისა და ოპერაციათა ერთობლიობის გამოყენებით

- საჭიროების შემთხვევაში, საკალიბრო მრუდის აგება და შედეგების გამოთვლა გარე, სპეციალიზებული სტატისტიკური პროგრამების გამოყენებით
- ლაბორატორიაში LIMS (Laboratory Information Management System) პროგრამული ქსელის არსებობის შემთხვევაში, ხელსაწყოთი მიღებული მონაცემების ავტომატურ, ნახევრადავტომატურ ან მანუალურ რეჟიმში ექსპორტირება LIMS-ში და მასში შედეგების გამოთვლა
- LIMS-დან შედეგების ექსპორტი საოფისე პროგრამებში.

### გაზომვების შედეგების ფორმების შევსება

- გაზომვების შედეგად მიღებული და დამუშავებული მონაცემების შეტანა შედეგების ჟურნალში
- გაზომვების შედეგად მიღებული და დამუშავებული მონაცემების შეტანა გამოცდის ოქმში.

## საშრობი კარადა

### ლაბორატორიული მოწყობილობების გამართულობის შემოწმება

- საშრობ კარადასთან მისვლა
- პირველ რიგში კარადის დენის წყაროსთან მიერთების შემოწმება
- საშრობი კარადის კარის მდგომარეობის შემოწმება (ღიაა თუ დაკეტილი). თუ კარი ღიაა, მას ვკეტავთ.
- კარადის ჩართვა ძირითადი ჩამრთველი ღილაკით და სასურველი ტემპერატურის დაყენება
- კარადის მუშაობაზე დაკვირვება
- იმ შემთხვევაში, თუ კარადა არ ჩაირთო და/ან ტემპერატურამ ვერ მიაღწია ზღვარს, შესაბამისი პასუხისმგებელი პირისთვის ინფორმაციის მიწოდება.

### ლაბორატორიული მოწყობილობების დასუფთავება სტანდარტული ოპერაციული პროცედურების შესაბამისად (სოპ)

- ხალათის, ხელთათმანის, სათვალისა და პირბადის მორგება
- საშრობი კარადის დასუფთავება ქსელიდან გამორთულ და ცივ მდგომარეობაში
- კარადის კარის გაღება და შიდა არის დასუფთავება

- თაროების (თუ აქვს) გადმოღება და კარგად გაწმენდა
- საშრობი კარადის იატაკის (და კედლების) ფრთხილად გადმოწმენდა ჯერ მშრალი ტილოთი, ხოლო შემდეგ მაგრად გაწურული, წყლით დასველებული ტილოთი (ზოგ შემთხვევაში შესაძლებელია გამოვიყენოთ ეთილის სპირტი ან სხვა გამხსნელი, უფრო დიდი დაბინძურების აღმოსაფხვრელად)
- თაროების დალაგება თავის ადგილას და კარის დახურვა
- კარადის გარედან გაწმენდა მაგრად გაწურული, წყლით დასველებული ტილოთი
- კარადის ცოტა ხნით 105C ტემპერატურაზე ჩართვა და კარგად გამოშრობა.

**ლაბორატორიული მოწყობილობების მარტივი გაუმართაობის აღმოფხვრა**

- საშრობი კარადის  დენის წყაროსთან მიერთების შემოწმება
- მიერთების არარსებობის შემთხვევაში, კაბელის შეერთება დენის წყაროსთან
- კარადის ღია კარის შემთხვევაში, მისი აუცილებლად დაკეტვა.

**ლაბორატორიული მოწყობილობების ჩართვა და  სამუშაო რეჟიმში მოყვანა ინსტრუქციის შესაბამისად**

- საშრობ კარადასთან მისვლა
- პირველ რიგში კარადის დენის წყაროსთან მიერთების შემოწმება
- საშრობი კარადის კარის მდგომარეობის შემოწმება (ღიაა თუ დაკეტილი). თუ კარი ღიაა, მას ვკეტავთ.
- კარადის ჩართვა ძირითადი ჩამრთველი ღილაკით და ON მდგომარეობაში გადაყვანა
- ტემპერატურის მარეგულირებელი ღილაკის საშუალებით სასურველი ტემპერატურის შერჩევა და დაფიქსირება
- მითითებულ სიდიდემდე ტემპერატურის ნიშნულის მიღწევა
- სასურველი ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ, კარადის ექსპლუატაციის დაწყება.

**პირობითი აღნიშვნები**

სურათებზე მოყვანილია ის ძირითადი პირობითი აღნიშვნები, რომლებიც უშუალოდ ხელსაწყო-დანადგარებზეა აღნიშნული ან/და ოპერირების სახელმძღვანელოში გვხვდება.

საფრთხის შემცველია

რადიაქტივობის წყარო

ყურადღება

ფრთხილად

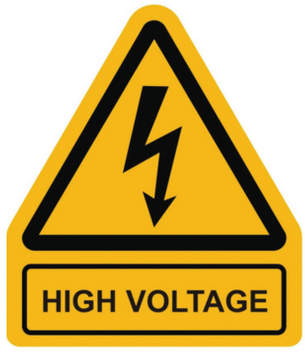
ინფორმაცია

ფრთხილად, ცხელი ზედაპირია

ფრთხილად, ცივი ზედაპირია

აკრძალულია

საფრთხე. გახსნამდე გამორთეთ ქსელიდან




ფრთხილად, მაღალი ძაბვაა

საფრთხის შემცველია თვალებისთვის

კოროზიული სითხეები

შეესაბამება ევროკავშირის ერთ ან რამდენიმე დირექტივის მოთხოვნებს

სასარგებლო რჩევები

ყურადღება, მაღალი წნევაა

საჭიროებს დამიწებას

## პრაქტიკული დავალება

1. ლაბორატორიული მოწყობილობების სამუშაო რეჟიმში მოყვანა
2. ლაბორატორიული მოწყობილობების კონტროლი
3. ლაბორატორიული მოწყობილობების დამოწმება
4. გაზომვის შედეგების დამუშავება

# თავი 5

## თევზის/ზღვის პროდუქტების და თევზის საარსებო გარემოს რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ანალიზების ჩატარება

*ანალიზური ქიმია შეისწავლის სხვადასხვა ნივთიერებათა შედგენილობას*

*მკვლევარს აინტერესებს ორი საკითხი:*

*1) თუ რა ელემენტებისგან შედგება ნივთიერება;*

*2) რა რაოდენობით შედიან ისინი საკვლევ ნივთიერებაში.*

*ამის მიხედვით ანალიზური ქიმია იყოფა ორ ნაწილად:*

*1. თვისებითი (ხარისხობრივი) ანალიზი;*

*2. რაოდენობითი ანალიზი*

ანალიზური ოპერაციების თანმიმდევრული შესრულება არის ანალიზი, რომელიც მოიცავს ნიმუშის აღებას, სინჯის დამუშავებას და მიზნად ისახავს საკვლევ ობიექტში ყველა კომპონენტის შემცველობის დადგენას.

ანალიზის მეთოდისა და სქემის შერჩევა იწყება ამოცანის დასახვით.

## ამოცანის დასახვა

საყურადღებოა:

- ✗ რომელი ანალიზი უნდა განხორციელდეს - ხარისხობრივი (თვისობრივი) თუ რაოდენობითი
- ✗ სრული ანალიზი ხორციელდება თუ ნაწილობრივი (ყველა კომპონენტის განსაზღვრა ხდება თუ მხოლოდ ზოგიერთის)
- ✗ შეიძლება თუ არა ანალიზის ობიექტის დაშლა (სინჯების მომზადების მეთოდების შერჩევა)
- ✗ აღებული სინჯების რაოდენობა, შესაძლებელია თუ არა განსაზღვრების გამეორება
- ✗ დროის ხარჯი (ერთეული, სერიული თუ ექსპრეს-ანალიზი)
- ✗ სიზუსტე (ნახევრად რაოდენობითი განსაზღვრა თუ ზუსტი)
- ✗ ღირებულება

## ანალიზის მეთოდის შერჩევა

ანალიზის მეთოდის შერჩევისას გასათვალისწინებელია:

- ✗ საკვლევი ობიექტის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები

- ✗ ხელშემშლელი კომპონენტების არსებობა
- ✗ განსასაზღვრი კომპონენტის შემცველობის დონე
- ✗ მეტროლოგიური მახასიათებლები (მგრძნობელობა, სიზუსტე)
- ✗ ანალიზური ხელსაწყოების არსებობა
- ✗ სამუშაო პირობები (ლაბორატორია, მინდორი, საფრთხის შემცველი ან მიუწვდომელი ადგილები - სასურველია შეირჩეს დისტანციური ანალიზის მეთოდები)
- ✗ ანალიზის შემსრულებლის და ლაბორატორიის კვალიფიკაცია და ა.შ.
- ✗ განსასაზღვრი კომპონენტის п.10-2% ან ნაკლები რაოდენობის შემთხვევაში, გრავიმეტრული და ტიტრიმეტრული მეთოდის გამოყენებისას, მისი უგულებელყოფის შესაძლებლობა
- ✗ განსასაზღვრი კომპონენტის (მინარევის) დაბალი შემცველობისას, დანაკარგის თავიდან აცილება
- ✗ მთავარი კომპონენტის განსაზღვრისას კვლევის კლასიკური მეთოდების გამოყენების შესაძლებლობა.

## ანალიზური პროცესის სტადიები

ანალიზის ძირითადი ეტაპებია:

- ✔ სინჯის შერჩევა
- ✔ სინჯის მომზადება
- ✔ სინჯის დაშლა (გახსნა)
- ✔ განსასაზღვრი კომპონენტის გამოყოფა (ხელშემშლელი კომპონენტების თავიდან აცილება), კონცენტრირება (თუ არის ამის აუცილებლობა)
- ✔ ანალიტიკური სიგნალის რაოდენობრივი განსაზღვრა
- ✔ ანალიზის შედეგების გაანგარიშება და უტყუარობის შეფასება, ანუ გაზომვის შედეგების დამუშავება

ყოველთვის არ ხდება ყველა სტადიის რეალიზება, მაგალითად:

- ✗ თუ ანალიზის ობიექტი სითხეა, გამოირიცხება სინჯის ხსნარში გადაყვანის სტადია

- ✗ თუ ანალიზის მეთოდი სელექტიურია, არ არის საჭირო ხელშემშლელი კომპონენტების ზეგავლენის თავიდან აცილება
- ✗ თუ მეთოდი გამოირჩევა მაღალი მგრძნობელობით, არ არის საჭირო განსასაზღვრი კომპონენტის კონცენტრირება
- ✗ ანალიზის ყველა სტადია ურთიერთკავშირშია და არ ახდენს გავლენას მის შედეგზე.

მნიშვნელოვანი წილი ანალიზის საერთო ცთომილებაში შეაქვს სინჯის შერჩევის სტადიას: ითვლება, რომ სინჯი აღებულია იდეალურად, თუ მისი წვლილი ცდომილებაში შეადგენს 60-80%-ს.

**ეს საყურადღებოა:**
*ანალიზის მეთოდის სწორი არჩევის შემთხვევაშიც კი შედეგები შეიძლება იყოს არასწორი, თუ სინჯი არ არის სწორად შერჩეული და მომზადებული ანალიზისთვის.*

თავის მხრივ, სინჯის შერჩევა და მომზადება დამოკიდებულია არა მხოლოდ ნიმუშის ბუნებაზე, არამედ ანალიტიკური სიგნალის გაზომვის ხერხზეც.

სინჯების აღების ხერხები და თანმიმდევრობა აღწერილია სპეციალურ ინსტრუქციებში და მოყვანილია სტანდარტებში.

## სინჯის აღება

სინჯი - ანალიზის ობიექტის ნაწილია, რომელიც თანხვედრაშია მასთან შედგენილობით და თვისებებით, ანუ სინჯი უნდა იყოს წარმომადგენლობითი და არა დიდი მოცულობის.

**განასხვავებენ შემდეგი ტიპის სინჯებს:**

| სინჯის ტიპები | | |
|---|---|---|
| გენერალური | ანალიტიკური | ლაბორატორიული |
| პირველადი სინჯი - მიიღება წერტილოვანი ან ერთჯერადი ნიმუშების გაერთიანებით. | მიიღება გენერალურის შემცირებით. მისი ნაწილი გამოიყენება წინასწარი გამოკვლევებისთვის, ნაწილი ინახება ყველა შესაძლო არბიტრაჟული ანალიზისთვის, ხოლო ნაწილი გამოიყენება უშუალოდ ანალიზისთვის. | მასში ხდება კომპონენტების განსაზღვრა. |

**სინჯის აღებისას უნდა გავითვალისწინოთ:**

- საანალიზო ობიექტის აგრეგატული მდგომარეობა
- მასალის არაერთგვაროვნება
- მასალა შემოვიდა ტარით თუ შეფუთვის გარეშე
- ანალიზის ამოცანა (კომპონენტის საშუალო შემცველობა ან შრეებში განაწილება)
- ობიექტის შედგენილობის ცვლილების შესაძლებლობა (მდინარეში წყლის შედგენილობის ცვალებადობა, საწარმოების გამონაბოლქვის შედგენილობის ცვლილება და ა.შ.)

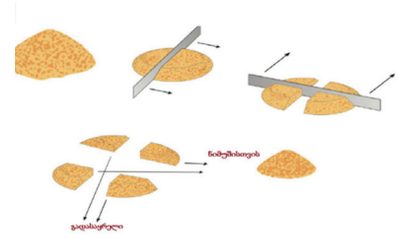
საშუალო სინჯის შეგროვების ტექნიკა დამოკიდებულია მასალის აგრეგატულ მდგომარეობაზე და მის სხვა თვისებებზე, რომლებიც მოყვანილია სპეციალურ ინსტრუქციებში.

***საშუალო სინჯის აღება*** - წარმოებაში ხშირად საჭიროა არაერთგვაროვანი მასალის დიდი პარტიის საშუალო ქიმიური შედგენილობის დადგენა (სასუქი, შხამქიმიკატი, ნიადაგი, მადანი და სხვა). ამ შემთხვევაში ნივთიერების მომზადება ანალიზისთვის მდგომარეობს საშუალო სინჯის სწორად აღებაში. ყველაზე რთულია მყარი, არაერთგვაროვანი ნივთიერების საშუალო სინჯის აღება. სხვადასხვა მასალის საშუალო სინჯის აღების წესი გათვალისწინებულია სახელმწიფო სტანდარტებით და ტექნიკური პირობებით. ამ პროცედურის ჩატარების მთავარი პრონციპია:

საშუალო სინჯი უნდა შედგებოდეს საანალიზო მასალის სხვადასხვა ადგილებიდან აღებული მცირე ულუფების დიდი რაოდენობისაგან.

პირველადი სინჯის მომზადების სქემა

*პირველადი* საშუალო სინჯი არ არის ვარგისი ანალიზის ჩასატარებლად. სინჯის მომზადება მდგომარეობს დაქუცმაცებაში, შერევაში და მცირე წონამდე (300 გ-მდე) შემცირებაში. სინჯის შესამცირებლად გამოიყენება ე.წ. **ოთხვა.** დაქუცმაცებულ მასალას ათავსებენ ერთად, განაბნევენ თანაბარ შრედ კვადრატის (ან წრის) ფორმით, დაყოფენ ოთხ სექტორად, ორი საწინააღმდეგო სექტორის მასალას გადაყრიან, ხოლო დარჩენილ ორს შეაერთებენ. ოთხვის ოპერაციას იმეორებენ მრავალჯერ. ამ ხერხით მიღებული ერთგვაროვანი მასალისგან აიღებენ სინჯს ანალიზისთვის.



## სინჯის მომზადებისთვის საჭირო მოწყობილობა და მეთოდები:

**ჰომოგენიზატორი** - მყარი ნივთიერების გენერალური სინჯის აღების შემდეგ მას აქუცმაცებენ და  ცრიან. მსხვილ ნაწილაკებს ფქვავენ სამსხვრევ მანქანებსა ან სხვადასხვა ტიპის წისქვილში. დაქუცმაცების პროცესში პერიოდულად აცალკევებენ მსხვილ და მცირე ზომის ნაწილაკებს გაცხრილვით და გაცრით. მსხვილ ნარჩენებს ცალკე ამუშავებენ.

ქიმიური ანალიზისთვის საჭირო 0,1 მმ ფრაქციებს ლაბორატორიის პირობებში იღებენ ბურთულებიანი წისქვილის საშუალებით.

ლაბორატორიული ბურთულებიანი წისქვილი IBMT-30

უფრო მცირე ზომის ნაწილაკები მიიღება სინჯის გასრესვით იასპის, კვარცის ან ფაიფურის ფილებში.

**ტექნიკური და ანალიზური სასწორები** - წონაკის სიდიდის განსაზღვრისთვის გამოიყენება ტექნიკური და ანალიზური სასწორები. წონაკი ეწოდება ანალიზის ჩასატარებლად მოცემული ნივთიერების საჭირო რაოდენობას. როგორც წესი, რაც უფრო დიდია წონაკის რაოდენობა, მით უფრო მაღალია წონითი განსაზღვრის სიზუსტის ალბათობა. თუმცა ამ შემთხვევაში დიდი

სხვადასხვა მასალისგან დამზადებული ფილები

რაოდენობით გამოიყოფა ნალექიც და მისი გაფილტვრა, ჩარეცხვა და გამოშრობა სირთულეებთან არის დაკავშირებული - ანალიზი გაწელილია დროში. მცირე მოცულობის წონაკის აწონვას და სხვა ოპერაციებს ახასიათებთ მაღალი ცთომილება. ამრიგად, წონაკის მოცულობის არჩევა განისაზღვრება საანალიზო ნივთიერების ნალექის რაოდენობით. მაგალითად, 7 სმ დიამეტრის ფილტრის ქაღალდზე მოსახერხებელია 0,5 გ კრისტალური ნივთიერების (მაგალითად, ბარიუმის სულფატის) აწონა. მაგრამ, იგივე რაოდენობის ამორფულ ნივთიერებებთან (მაგ.,$Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $H_2SiO_3.nH_2O$) მუშაობა საკმაოდ გართულებულია. ყველაზე მოსახერხებელია მუშაობა 0,5 გ კრისტალური ნივთიერებების და 0,1-0,3 გ ამორფული ნივთიერებების ნალექებთან.

**მაგალითად. რა მასის უნდა იყოს ბარიუმის ქლორიდის $BaCl_2$-$2H_2O$ წონაკი მასში ბარიუმის განსასაზღვრად?**

**საწყისი მონაცემები: ნალექის ფორმულა $BaSO_4$; კრისტალური ნალექის ნორმა 0,5 გ.**

**წონაკის სიდიდე განისაღვრება პროპორციით:**

**133,3 გ $BaSO_4$ მიიღება 244,31 გ $BaCl_2$-$2H_2O$ -დან**

**0,5 გ $BaSO_4$ ———— x გ $BaCl_2$-$2H_2O$ -დან**

$$x = \frac{0,5 \cdot 244,31}{233,43} = 0,52 \text{ გ}$$

**როგორც გამოთვლებიდან ჩანს, ანალიზისთვის უნდა ავიღოთ $BaCl_2$-$2H_2O$ -ის 0,5-0,6 გ**

ტექნიკური სასწორი

ვინაიდან, ანალიზურ სასწორზე აწონა ხანგრძლივი პროცესია, საანალიზო ნივთიერების წონაკს მიახლოებით წონიან ტექნოქიმიურ სასწორზე, ხოლო შემდეგ, ზუსტად წონიან ანალიზურ სასწორზე. ფხვიერი ნივთიერებების აწონვა მოსახერხებელია მცირე ზომის საცობიან სინჯარებში. საათის მინაზე წონიან მხოლოდ არააქროლად და აგრეთვე ისეთ ნივთიერებებს, რომლებიც არ შთანთქავენ ჰაერის კომპონენტებს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ნივთიერება უნდა აიწონოს ბიუქსში.

წონაკის აწონის ტექნიკა სხვადასხვაა. ერთ-ერთის მიხედვით, წონიან საათის მინას, ათავსებენ მასზე საჭირო რაოდენობით საანალიზო ნივთიერებას და კვლავ წონიან. ორი აწონვის მიხედვით განსაზღვრავენ წონაკის მასას.

ანალიზური სასწორი

აწონის შემდეგ, ხშირად საჭიროა სინჯის ხსნარში გადაყვანის პროცესი, ანუ **საანალიზო ნივთიერების წონაკის გახსნა.** საანალიზო ხსნარის დამზადებისას, ნივთიერების წონაკი გადააქვთ (ე.ი. ფრთხილად გადაყრიან) საჭირო მოცულობის სუფთა ქიმიურ ჭიქაში. სინჯების მეშვეობით წინასწარ შეარჩევენ გამხსნელს. თუ წინასწარი სინჯების მიხედვით დადგენილია, რომ ნივთიერება იხსნება წყალში, წონაკს ხსნიან 100-150 მლ დისტილირებულ წყალში. საჭიროების შემთხვევაში, ჭიქის შიგთავსს აცხელებენ წყლის აბაზანაზე, თავზე ახურავენ საათის მინას.

**გახსოვდეთ:** *დაუშვებელია ხსნარის ადუღება*

თუ საანალიზო ნივთიერება არ იხსნება წყალში, მაშინ წონაკი ხსნარში გადაჰყავთ მჟავის (ძმარმჟავა, მარილმჟავა, გოგირდმჟავა, აზოტმჟავა, ან „სამეფო ხსნარის" – აზოტმჟავა-მარილმჟავას ნარევი) საშუალებით. შერჩეული მჟავის რაოდენობა გამოითვლება რეაქციის განტოლების მიხედვით (მჟავის კონცენტრაციის გათვალისწინებით).

*მჟავას არჩევისას უნდა გავითვალისწინოთ აგრეთვე მიმდინარე რეაქციის ხასიათიც. მაგალითად, კირქვა $CaCO_3$ უნდა გაიხსნას მარილმჟავაში, მაგრამ არა გოგირდმჟავაში, ვინაიდან ამ უკანასკნელთან კირქვა წარმოქმნის მცირედხსნად კალციუმის სულფატს $CaSO_4$-ს. წონაკს ფრთხილად ხსნიან მჟავაში. რეაქციის შედეგად გამოყოფილმა აირებმა $CO_2$, $H_2$, $H_2S$ შეიძლება თან წარიტაცოს ხსნარის წვეთები, ამიტომ საანალიზო ნივთიერების დანაკარგის თავიდან ასაცილებლად ქიმიურ ჭიქას ახურავენ საათის მინას.*

დამზადებული ხსნარი ზოგჯერ დამატებით საჭიროებს ანალიზისთვის მომზადებას: მას ააორთქლებენ, მჟავის ჭარბ რაოდენობას ანეიტრალებენ, ბოჭავენ ან აცილებენ განსაზღვრისთვის ხელშემშლელ იონებს.

მუფელის ღუმელი

**მუფელის ღუმელი** - იკვებება ცვლადი დენის წყაროდან. გამოიყენება ნაშთის გამოსაწვავად ან ნივთიერებების შელღობისთვის. მუფელის ღუმელებში ტემპერატურა მყარდება 800-1000$^0$C-მდე. მუფელის ღუმელების გარდა ხშირად გამოიყენება ტიგელის ღუმელებიც, რომელთა ტემპერატურაც აღწევს 800$^0$C-ს.

**ცენტრიფუგა** მანქანაა, რომელიც ცენტრიდანული ძალების მოქმედებით, მექანიკურად ყოფს ნარევს შემადგენელ ნაწილებად. სწრაფი ბრუნვისას, ცენტრიდანული ძალების მეშვეობით, ნალექის ნაწილაკები ხვდებიან სინჯარის შევიწროებულ ნაწილში, სადაც წარმოიქმნება კომპაქტური შრე, ხოლო ცენტრიფუგატი (ანუ ხსნარი) მთლიანად უფერულდება.

ხელის ცენტრიფუგა

ხელის ცენტრიფუგის ერთ-ერთ პატრონაში ათავსებენ საკვლევ ნარევს, საწინააღმდეგო პატრონაში იგივე მოცულობის წყლიან სინჯარას. ამით თავიდან იცილებენ ვიბრაციას. შემდეგ სახელურის საშუალებით ცენტრიფუგა ნელი აჩქარებით მოჰყავთ მოძრაობაში. 1-1,5 წუთის შემდეგ სახელურს ფრთხილად ხსნიან და აცდიან ცენტრიფუგას თავისით გაჩერებას.

**გახსოვდეთ:** *ცენტრიფუგირებისას არ შეიძლება სინჯარების არევა, ანალიზის დაწყებამდე უნდა ჩავინიშნოთ პატრონის ნომერი (ან სინჯარას გავუკეთოთ ეტიკეტი).*

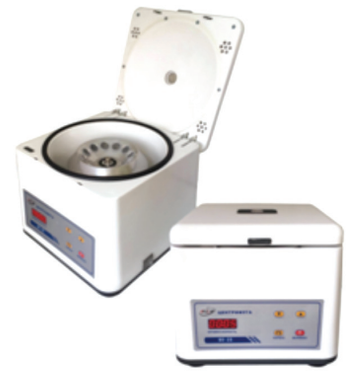
უფრო მეტ ეფექტს იძლევა ელექტრონული ცენტრიფუგა, რომელიც მეტ ცენტრიდანულ ძალებს ავითარებს.

ცენტრიფუგირებისას ზოგჯერ ნალექი ნელა სცილდება ხსნარს. ამ შემთხვევაში იყენებენ მიკროგაფილტვრის სპეციალურ ხელსაწყოებს.

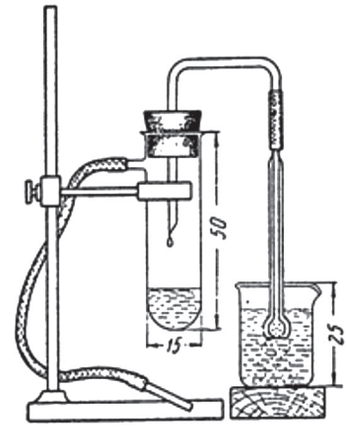
ცენტრიფუგატის მოცილებამდე, ხსნარიდან კეთდება სინჯი იონის სრული გამოლექვის მიზნით. ამისთვის გამჭვირვალე ცენტრიფუგატს უმატებენ ერთ წვეთ გამომლექავ რეაქტივს. თუ ხსნარში არ წარმოიქმნა სიმღვრივე, იონი სრულად არის გამოლექილი. თუ იონი არ არის სრულად გამოლექილი, სინჯარას უმატებენ რეაქტივის რამდენიმე წვეთს, მოურევენ მინის წკირით, აცხელებენ, ახდენენ განმეორებით ცენტრიფუგირებას და კვლავ ამოწმებენ იონს სრულ გამოლექვაზე.

სრული გამოლექვის მიღწევის შემდეგ, ცენტრიფუგატი გადააქვთ მეორე სინჯარაში რეზინის ხუფიანი პიპეტის საშუალებით. პროცედურას ატარებენ ფრთხილად, ცდილობენ არ შეეხონ ნალექს. როდესაც ნალექზე რჩება მცირე რაოდენობით ცენტრიფუგატი, მის გადასატანად იყენებენ კაპილარულ პიპეტებს (რეზინის ხუფის გარეშე). სინჯარას დახრიან მარცხენა ხელით. კაპილარს თანდათანობით უახლოებენ ნალექს, მაგრამ არ ეხებიან მას. კაპილარის შევსების სიჩქარეს არეგულირებენ სინჯარის დახრის კუთხით. კაპილარული პიპეტი უნდა ეყრდნობოდეს სინჯარის პირს. როდესაც შეწყდება კაპილარის შევსება, პიპეტის ზედა ნახვრეტს აფარებენ მარჯვენა ხელის საჩვენებელ თითს და ცენტრიფუგატი გადააქვთ მეორე სინჯარაში. საჭიროების შემთხვევაში ოპერაციას ატარებენ რამდენჯერმე, ცდილობენ ნალექი არ აიმღვრეს და არ მოხვდეს კაპილარში. თუ ნალექი მაინც აიმღვრა, სინჯარის შიგთავსს კვლავ ათავსებენ ცენტრიფუგაში და აცილებენ ხსნარს.

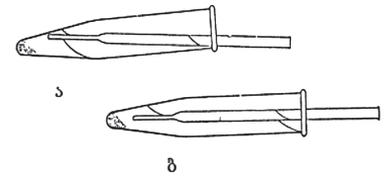
**ფილტრაცია** ან ფილტრირება არის არაერთგვაროვანი სისტემების (მაგალითად, სუსპენზია, აეროზოლი) გამოყოფა მარტივი ტიხრის მეშვეობით, რომელიც უშვებს დისპერსიულ გარემოს და აკავებს დისპერსულ მყარ ფაზას. წყალში ხსნად და



ელექტრონული ცენტრიფუგა




მიკროგაფილტვრის ხელსაწყო



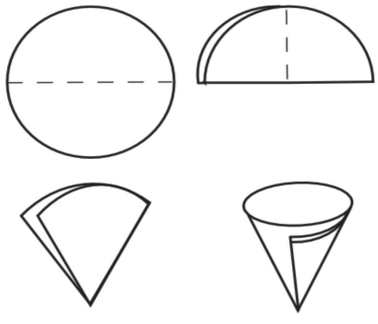

ცენტრიფუგატის ნალექიდან მოცილება: ა - სწორია; ბ - არასწორია

უხსნად ნივთერებათა  ნარევის შენჯღრევისას მიიღება მღვრიე სითხე, რომელშიც არის ხსნადი ნივთიერების ისეთი წვრილი ნაწილაკები, რომლებიც წყლის მოლეკულებთან ერთად გადის ფორებიან მასალაში, ხოლო უხსნადი ნაწილაკები რჩება ზედაპირზე.

*უხსნად ნაწილაკებს, რომელიც ფილტრზე რჩება, ეწოდება ნალექი, ხოლო ხსნარს, რომელიც გადის ფილტრს, ფილტრატი  ეწოდება.*

წონით ანალიზში, როგორც წესი, იყენებენ არა ჩვეულებრივ ფილტრის ქაღალდს, არამედ ე.წ. უნაცრო ფილტრებს. წარმოება უშვებს სხვადასხვა ტიპის უნაცრო ფილტრს, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან დიამეტრით (6, 7, 9  და 11 სმ).

*ქაღალდის სისქის მიხედვით ყოველი ტიპის ფილტრის ქაღალდის შეკვრა მონიშნულია სხვადასხვა ფერის ლენტით:*
*შავი (ან წითელი) ფერის ლენტი ყველაზე ნაკლებად მჭიდრო ფილტრის ქაღალდს შეესაბამება. ეს არის მსხვილფორებიანი ფილტრები, ფილტრაციის პროცესი სწრაფად მიმდინარეობს. გამოიყენება ამორფული ნალექის მოსაცილებლად.*
*თეთრი ლენტი - საშუალო სისქის ფილტრებია. გამოიყენება კრისტალური ნალექების მოსაცილებლად.*
*ლურჯი ლენტით მონიშნულია წვრილფოროვანი ფილტრები. ფილტრაცია მიმდინარეობს ნელა. გამოიყენება წვრილკრისტალური ბარიუმის სულფატის $BaSO_4$ ან კალციუმის ოქსალატის $CaC_2O_4$ ნალექის მოსაცილებლად.*



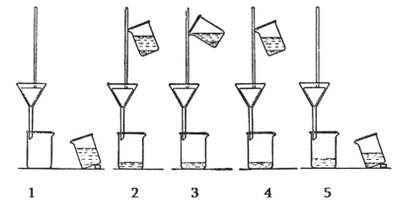
უნაცრო ფილტრის ქაღალდის გადაკეცვა

ფილტრაციის დაწყებამდე შეარჩევენ შესაბამისი სიმკვრივის და ზომის ფილტრს. ამ შემთხვევაში ითვალისწინებენ არა გასაფილტრი სითხის მოცულობას, არამედ ნალექის რაოდენობას. ნალექმა არ უნდა შეავსოს ფილტრის ნახევარზე მეტი.

ფილტრაციისთვის იყენებენ მინის ძაბრს. მრგვალ ფილტრს

კეცავენ შუაზე, გაკეცავენ კიდევ ერთხელ და ათავსებენ ძაბრში, შემდეგ ასწორებენ და ასველებენ დისტილირებული წყლით.

ფილტრის ქაღალდიან ძაბრს ათავსებენ შტატივის რგოლში და ქვევიდან უდგამენ ქიმიურ ჭიქას ფილტრატის შესაგროვებლად. სითხის გაშხეფების თავიდან ასაცილებლად, ძაბრის წაკვეთილი ბოლო უნდა ეხებოდეს ქუმიური ჭიქის შიდა კედელს. ამის შემდეგ იწყებენ დეკანტაციას - ნალექს დაშორებული სითხის ფრთხილ გადმოსხმას. სითხეს ფილტრში ასხამენ მხოლოდ მინის წკირის საშუალებით.




დეკანტაციის პროცესი

**აორთქლება** - გაფილტრული ნალექი შეიცავს წყალს, ამიტომ საჭიროა მისი გამოშრობა და აორთქლება. ნალექს აშრობენ ფილტრის ქაღალდზე. ძაბრს ნალექით თავზე მჭიდროდ ახურავენ ფილტრის დასველებულ ქაღალდს, რომელიც იცავს ნალექს მტვრისგან. ამის შემდეგ ძაბრი 20-30 წუთით ათავსებენ საშრობ კარადაში. ტემპერატურა კარადაში არ უნდა აღემატებოდეს 90-105$^0$C-ს.

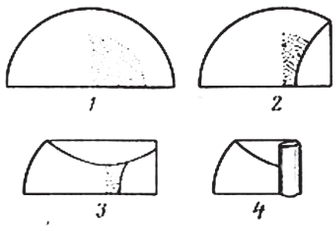
საშრობი კარადა

ნალექის გამოსაშრობად იყენებენ სხვადასხვა ზომის ფაიფურის ტიგელებს.

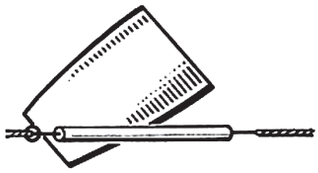
ნალექის გამოშრობამდე აუცილებელია ცარიელი ტიგელის მასის განსაზღვრა. ამისთვის ტიგელს წინასწარ აწრთობენ მუდმივ მასამდე მუფელის ღუმელში იმავე ტემპერატურულ პირობებში, რომელშიც აშრობენ ნალექს. ტემპერატურას საზღვრავენ მუფელის ღუმელის ვარვარების ფერის მიხედვით:

| ფერი | | t°C |
|---|---|---|
| | თეთრი | 1250-1300 |
| | ღია ყვითელი | 1150-1250 |
| | მუქი ყვითელი | 1050-1150 |
| | ნარინჯისფერი | 900-1050 |
| | ღია წითელი | 830-900 |
| | | 800-830 |
| | ალუბლისფერ-წითელი | 770-800 |
| | | 730-770 |
| | მუქი-წითელი | 650-730 |
| | | 580-650 |
| | მუქი ყავისფერი | 530-580 |

გამოსაწრთობად გამზადებულ ტიგელს იღებენ  მაშით და ათავსებენ მუფელის ღუმელში. 25-30 წუთის შემდეგ ტიგელს იღებენ ღუმელიდან, აცივებენ გრანიტის ფილაზე და ათავსებენ ექსიკატორში. ამ უკანასკნელს ახურავენ სახურავს მასში ტიგელის მოთავსებიდან 1-2 წუთის შემდეგ. ექსიკატორი გადააქვთ სასწორების ოთახში. ტიგელს წონიან ანალიზურ სასწორზე, კვლავ გამოაწრთობენ, აცივებენ ექსიკატორში და ისევ წონიან. ბოლო აწონვის შედეგი უნდა განსხვავდებოდეს წინა აწონვის შედეგისგან ±0,0002 გ-ით. მხოლოდ ამ შემთხვევაში შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ტიგელი დაყვანილია მუდმივ მასამდე. სხვა შემთხვევაში ყველა პროცედურა უნდა განმეორდეს.




ნალექიანი ფილტრის მოკეცვა



ტიგელის მდებარეობა დანახშირებული ფილტრის დაწვისას

კრისტალიზაციური წყალი, რომელსაც შეიცავს გამომშრალი ნალექი, აუცილებლად უნდა მოცილდეს გამოწრთობის შედეგად.

ნალექის გამოწრთობისთვის ერთ-ერთ ხერხად გამოიყენება ნალექის გამოწრთობა ფილტრის წინასწარი მოცილების გარეშე. მეთოდი გამოიყენება მაშინ, როდესაც გამოსაწრთობი ნალექი არ რეაგირებს დანახშირებული ფილტრის ნახშირბადთან. ტიგელს ათავსებენ ელექტროღუმელზე და ფრთხილად წვავენ ფილტრს.

ფილტრის განაცრიანების დამთავრების შემდეგ, ტიგელი გადააქვთ მუფელის ღუმელში და გამოაწრთობენ 25-30 წუთის განმავლობაში, შემდეგ აგრილებენ ექსიკატორში და წონიან. აწონის შედეგები შეაქვთ ლაბორატორიულ ჟურნალში. პროცედურებს იმეორებენ რამდენჯერმე, სანამ არ დაიყვანენ ტიგელს ნალექით მუდმივ მასამდე.

თხევადი ნივთიერებების გასუფთავების ერთ-ერთი მეთოდია დისტილაცია, რომელიც ეფუძნება გაცხელებისას სითხის აორთქლებას და წარმოქმნილი ორთქლის კონდენსირებას. განასხვავებენ გადადენის სამ ხერხს: დისტილაცია ნორმალური წნევის პირობებში, დაბალი წნევის ქვეშ და წყლის ორთქლით. პირველი მეთოდი გამოიყენება სითხეების გასაწმენდად, რომელთაც არ აქვთ მაღალი დუღილის ტემპერატურა და არ განიცდიან გარდაქმნას დუღილის ტემპერატურამდე გაცხელებისას:

*ალონჟე წარმოადგენს მინის მოხრილ მილს, რომელიც გამოიყენება გამოხდის პროცესში დისტილატის წვეთის მიმართულების მისაცემად. ვიურცის კოლბა წარმოადგენს მრგვალძირა კოლბას, რომელსაც აქვს გვერდითი გამომყვანი მილი. ვიურცის კოლბები ყველა თერმომედეგია. მათ ძირითადად იყენებენ გამოხდის ჩასატარებლად, აირების მისაღებად.*

*ვიურცის კოლბის 1/3-ს ავსებენ. სითხის თანაბარი დუღილისთვის, კოლბაში წინასწარ ათავსებენ მინის რამდენიმე კაპილარს. კოლბიდან გამომავალ მილს უერთებენ მაცივარს. ვიურცის კოლბას ახურავენ თერმომეტრიან საცობს. თერმომეტრის ვერცხლისწყლიანი ბოლო მცირედ უნდა იყოს ჩამოცილებული კოლბიდან გამომავალ მილის დონეს.*

**გამოლექვა** – ითვლება ანალიზის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ოპერაციად. მისი ჩატარებისას სწორად უნდა შეირჩეს დამლექი, გაიანგარიშონ მისი რაოდენობა, დაიცვან დალექვის პირობები, დარწმუნდნენ იონის ხსნარიდან სრულ დალექვაში.

**დამლექის არჩევა.** დამლექი აირჩევა ნალექის მიმართ წაყენებული მთელი რიგი მოთხოვნებიდან გამომდინარე. მიღებული ნალექი (ე.წ. დასალექი ფორმა) პირველ რიგში უნდა იყოს წყალში მცირედხსნადი.

*მაგალითად, ბარიუმის იონი $Ba^{2+}$ წარმოქმნის წყალში მცირედხსნად რამოდენიმე მარილს: კარბონატი, ოქსალატი, ქრომატი და სულფატი. მათი ხსნადობების ნამრავლები შესაბამისად ტოლია:*
*$BaC_2O_4 – 1,6 • 10^{-7}$; $BaCO_3 – 8,0 • 10^{-9}$; $BaCrO_4 – 2,4 • 10^{-10}$, $BaSO_4 – 1,1 • 10^{-10}$*
*ამ მონაცემების თანახმად, წონითი განსაზღვრისას ბარიუმის იონი უნდა დაილექოს ბარიუმის სულფატის $BaSO_4$ სახით, რომლის ხსნადობის ნამრავლის მნიშვნელობა მინიმალურია.*

გარდა ამისა, მიღებული ნალექი ადვილად უნდა იფილტრებოდეს, ირეცხებოდეს მინარევებისგან და ბოლოს, გამოწრთობისას დასალექი ფორმა მთლიანად უნდა გარდაიქმნას წონით ფორმად. მაგალითად, გახურებისას რკინის (III) ჰიდროქსიდის $Fe(OH)_3$ ნალექი მთლიანად გარდაიქმნება რკინის (III) ოქსიდად $Fe_2O_3$. ის წარმოადგენს წონით ფორმას და ზუსტად მას წონიან ანალიზის ბოლოს.

**დამლექის რაოდენობის განსაზღვრა.** დამლექის რაოდენობას ანგარიშობენ დასალექი იონის ხსნარში შემცველობის და შესაბამისად, საანალიზო ნივთიერების წონაკის მიხედვით.

*მაგალითად, $Ba^{2+}$-ის იონის რაოდენობრივი განსაზღვრისთვის გახსნეს 0,4526 გ $BaCl_2 \cdot 2H_2O$-ის წონაკი. რა რაოდენობის 2ნ გოგირდმჟავა დაიხარჯება $Ba^{2+}$-ის იონის სრულ გამოლექვაზე?*
*რეაქციის განტოლების თანახმად, ერთი მოლი ბარიუმის ქლორიდი რეაგირებს ერთ მოლ გოგირდმჟავასთან: $BaCl_2 \cdot 2H_2O + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2HCl + 2H_2O$*
*ანუ 244,31 გ $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ურთიერთქმედებს 98 გ გოგირდმჟავასთან, რომელსაც შეიცავს 1000 მლ 2ნ გოგირდმჟავას ხსნარი. ამიტომ, შეგვიძლია შევადგინოთ შემდეგი პროპორცია: 244,31გ $BaCl_2 \cdot 2H_2O$-ზე იხარჯება 1000 მლ 2ნ $H_2SO_4$*
*ხოლო 0,4526 გ $BaCl_2 \cdot 2H_2O$-ზე დაიხარჯება x გ 2ნ $H_2SO_4$*
*აქედან $X = 0,4526\text{-}1000/244,31 = 2$მლ*
*ამ მაგალითის თანახმად, ბარიუმის იონების სრული დალექვისთვის საჭიროა 2 მლ 2ნ გოგირდმჟავა. მაგრამ, აბსოლუტურად უხსნადი ნივთიერებები არ არსებობს და ბარიუმის სულფატის ნალექის გარდა ხსნარში იმყოფებიან დაულექავი ბარიუმის იონები. ამიტომ, საჭირო ხდება ხსნარში მათი კონცენტრაციის შემცირება, ანუ უნდა მივაღწიოთ $Ba^{2+}$-ის იონების პრაქტიკულად სრულ დალექვას. იმისთვის, რომ შევამციროთ $Ba^{2+}$-ის იონების კონცენტრაცია ხსნარში, საჭიროა გავზარდოთ სხვა იონების (ჩვენ შემთხვევაში სულფატ-იონების $SO_4^{2}$) კონცენტრაცია, ანუ დამლექი დავამატოთ ჭარბი რაოდენობით. განხილულ მაგალითში გოგირდმჟავა უნდა ავიღოთ არა 2 მლ, არამედ 3 მლ.*

**ექსტრაქცია (**ანუ **გამოწვლილვა)** ეწოდება ხსნარის ან მყარი ნივთიერების ნარევიდან ნივთიერების გამოყოფას სხვადასხვა გამხსნელის საშუალებით. მას საფუძვლად უდევს სხვადასხვა ნივთიერების განსხვავებული ხსნადობა ერთსა და იმავე ან ორ შეურევად გამხსნელში.

ექსტრაქცია წარმოადგენს ნივთიერების განაწილების პროცესს ორ შეურევ, ხში-რად თხევად ფაზებს შორის. ნარევიდან სუფთა ნივთიერების გამოყოფის და კონცენ-ტრირებისთვის ექსტრაქცია წარმოადგენს ხელსაყრელ მეთოდს, როგორც ორგანული, ასევე არაორგანული ნივთიერებების შემთხვევაში.

ექსტრაქციის უპირატესობებია:

- აპარატურის სიმარტივე;
- პროცესის სისწრაფე - ექსტრაქციული წონასწორობა მყარდება 1-დან 10 წუთამდე;
- ნივთიერების დესტრუქციის გამორიცხვა - როგორც წესი, ექსტრაქციის პროცესს ატარებენ ატმოსფერულ წნევასა და ოთახის ტემპერატურაზე;
- მეთოდის მაღალეფექტურობა, გაყოფის და კონცენტრაციის სისრულე;
- ერთდროულად სხვა მეთოდებთან გამოყენების შესაძლებლობა: ქრომატოგრაფია, ფოტომეტრია, ატომური აბსორბცია

უმეტეს შემთხვევაში ექსტრაქციას ახორციელებენ სითხიდან სითხით. სისტემას, რომელიც შედგება ორი შეურეველი სითხისგან, ეწოდება ექსტრაქციული სისტემა, ხოლო სითხეებს - მისი ფაზები.

**ექსტრაქციაში მიღებული კლასიფიკაციის ტიპები**

<table>
<tr><td colspan="3">კლასიფიკაცია ექსტრაგირებულინივთიერებების ბუნების მიხედვით</td></tr>
<tr><td>ორგანული ნაერთების ექტსრაქცია</td><td colspan="2">არაორგანული ნაერთების ექტსრაქცია</td></tr>
<tr><td colspan="3">კლასიფიკაცია ექსტრაგენტის ტიპის მიხედვით</td></tr>
<tr><td>ექსტრაქცია ნეიტრალური ექსტრაგენტებით</td><td>ექსტრაქცია მჟავური ექსტრაგენტებით (უმაღლესი მჟავები)</td><td>ექსტრაქცია ფუძე ექსტრაგენტებით (უმაღლესი ამინები)</td></tr>
<tr><td colspan="3">ექსტრაქცია ძირითადი პროცესის მექანიზის მიხედვით</td></tr>
<tr><td>ნივთიერების ექსტრაქცია მოლეკულური ფორმის სახით</td><td colspan="2">ნივთიერების ექსტრაქცია იონური ასოციატის სახით</td></tr>
</table>

ექსტრაქციას ახორციელებენ  წყლის ფაზიდან (ნეიტრალური, მჟავა, ფუძე) გამხსნელით, რომელიც არ ერევა წყალს (დიქლორმეთანი, დიეთილეთერი, ქლოროფორმი და სხვა). პოლარული პროდუქტების შემთხვევაში (სპირტები, კარბონმჟავები, ამინები) წყლის ფაზას ექსტრაქციის დაწყებამდე გააჯერებენ ნატრიუმის ქლორიდით (გამომარილება). ექსტრაქციის ჩატარება შესაძლებელია დისკრეტულად გამყოფ ძაბრსა ან უწყვეტად ექსტრაქტორში.

*გამყოფი და საწვეთი ძაბრი წარმოადგენს ცილინდრულ ან „მსხლის" ფორმის ჭურჭელს, რომელსაც ქვემოთ დამონტაჟებული აქვს ონკანი. გამყოფი და საწვეთი ძაბრი ერთმანეთისგან განსხვავდება პირობითი ზომების მიხედვით.*

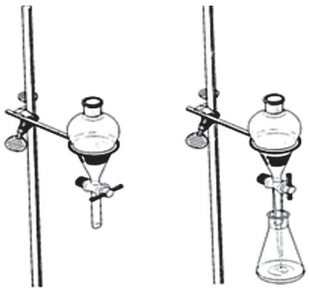
ექსტრაქციის პროცესი მიმდინარეობს გამყოფ ძაბრში. გამყოფ ძაბრში ათავსებენ ორგანულ ხსნარს და წყალს (ან განზავებულ მჟავეებს, ტუტეებს...), გამყოფი ძაბრის შევსების შემდეგ, მას ახურავენ საცობს, ცალი ხელით იჭერენ საცობს, ხოლო მეორე ხელით დახურულ ონკანს და რამდენჯერმე ამოაბრუნებენ ძაბრს. ძაბრს შეანჯღრევენ (რათა სრულად მოხდეს ორივე შრის შერევა) და აყოვნებენ შრეების სრული დაყოფისთვის.

*გამყოფ ძაბრს ნარევით ავსებენ მისი მოცულობის 2/3-ით. ონკანს წინასწარ ამოწმებენ ჰერმეტულობაზე!*

*როდესაც ძაბრი ზემოთ არის ამობრუნებული, წნევის შესამცირებლად ონკანი ფრთხილად უნდა გაიხსნას. ონკანს ჩაკეტავენ და კვლავ რამდენჯერმე ამოაბრუნებენ ძაბრს. ონკანს კვლავ ხსნიან. პროცედურას იმეორებენ წნევის მომატების შეწყვეტამდე.*

გამყოფ ძაბრს ათავსებენ შტატივზე დამაგრებულ რგოლში და აყოვნებენ ორი ფაზის წარმოქმნამდე. მათ შორის უნდა იყოს მკვეთრი ზღვარი. ქვედა ფენა შეიძლება იყოს წყლის ან ორგანული ნივთიერების.

ქვედა შრის გამოყოფა ხდება გამყოფი ძაბრის ონკანიდან. ზედა შრე არ უნდა ჩამოიღვაროს გამყოფი ძაბრის ონკანიდან. ის უნდა გადაიღვაროს შლიფიდან. ექსტრაქციის პროცესს იმეორებენ 3-ჯერ, ექსტრაქტის ულუფებს აერთიანებენ.

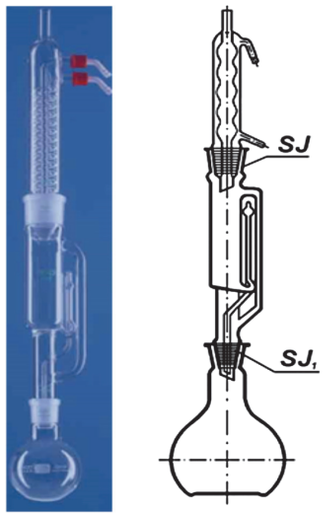


ექსტრაქცია

ამის შემდეგ გაერთიანებულ ორგანულ ფაზას (გამო-ნაწვლილს) გარეცხავენ ნატრიუმის ქლორიდის ნაჯერი ხსნარით და გამოაშრობენ.

მყარი ნივთიერების უწყვეტ ექსტრაქციას ახორციელებენ სოკსლეტის აპარატში.

**გაცივება** - ეგზოთერმული რეაქციების შემთხვევაში ხშირად წარმართავენ გაცივების პროცესს. თვითონ გაცივების პროცესი შეიძლება დავყოთ ორ ჯგუფად:




სოქსლეტის აპარატი

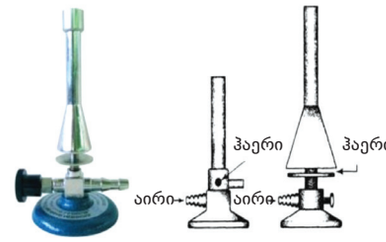
1. სარეაქციო მასის გაცივება;
2. აორთქლებული მასის გაცივება, ანუ კონდენსაცია

სარეაქციო მასას აცივებენ სპეციალური გამაცივებელი აბაზანების გამოყენებით. იმის მიხედვით, თუ რა ტემპერატურაზე გვინდა სარეაქციო მასის გაცივება, გამოიყენება ცივი, ყინულიანი და გამდინარე წყალი.

*სარეაქციო მასის ოთახის ტემპერატურამდე გასაცივებლად, აბაზანაში გამოიყენება ჩვეულებრივი ან გამდინარე წყალი. სითხეების გაცივება დაშვებულია თავისივე ჭურჭელში გამდინარე წყლის ქვეშ.*
*ოთახის ან უფრო დაბალ ტემპერტურაზე გასაცივებლად გამოიყენება ყინულიანი აბაზანა.*

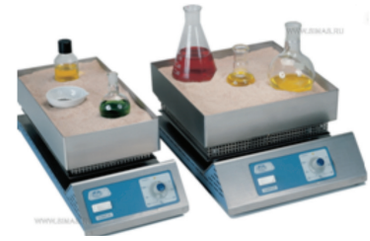
## სინჯის ანალიზის ჩასატარებლად საჭირო ლაბორატორიული ჭურჭელი და მოწყობილობა

რაოდენობრივი ანალიზის ჩასატარებლად საჭიროა სპეციალური ლაბორატორიული მოწყობილობა და ქიმიური ჭურჭელი. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს გამაცხელებელ ხელსაწყოებს. ლაბორატორიაში ბუნებრივი აირის არსებობისას გამოიყენება სანთურა.




*სანთურა იძლევა სუფთა ალს ჭვარტლის გარეშე და 150$^0$C ტემპერატურას*

*ქვიშის აბაზანა გამოიყენება ამონიუმის მარილების დასაშლელად და მოსაცილებლად, მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე სითხეების ასაორთქლებლად.*



ქვიშის აბაზანა

სითხეების ასაორთქლებლად და გასაცხელებლად გამოიყენება აგრეთვე წყლის აბაზანა.

რაოდენობრივი ანალიზის ჩასატარებლად საჭირო ჭურჭელი მზადდება სპეციალური მინისგან. ის გამოირჩევა ქიმიური მდგრადობით, ანუ პრაქტიკულად არ რეაგირებს მჟავებსა და ტუტეებთან.

წყლის აბაზანები

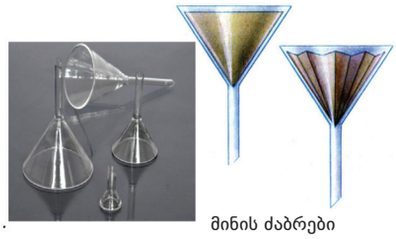
რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარებისას გამოიყენება 1000, 800, 600, 500, 400, 300, 150 და 100 მლ ტევადობის ქიმიური ჭიქები. მათი საშუალებით ამზადებენ ხსნარებს.

*არ არის რეკომენდებული თხელი მინისგან დამზადებული ჭიქების გაცხელება ღია ცეცხლზე*

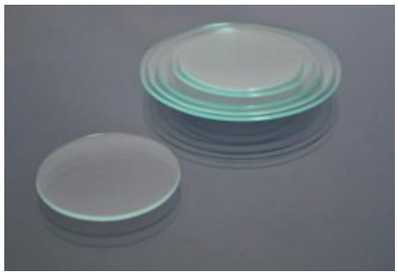
მინის წკირები

სხვადასხვა სიგრძის მინის წკირების დიამეტრი, როგორც წესი, არ აღემატება 4-6 მმ. გამოიყენება ხსნარების მორევისას და სითხეების გადასხმისას.

მინის ძაბრები 60°-ანი დახრის კუთხით და 6-7 სმ ზედა დიამეტრით გამოიყენება ფილტრაციისთვის.



მინის ძაბრები



საათის მინებს თავზე ახურავენ ჭიქებს, ფაიფურის ჯამებს და სხვა ჭურჭელს მტვრის ან მექანიკური დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად.

მინის ბიუქსები გამოიყენება ჰიგროსკოპული ან აქროლადი ნივთიერებების ასაწონად და შესანახად.

ჩამრეცხი აუცილებელია ნალექის ფილტრზე რაოდენობრივად გადასატანად, ნალექის ჩასარეცხად. ჩამრეცხი კოლბის დიამეტრია 250-500 მლ.

ფაიფურის ტიგელები გამოიყენება ნალექის გამოწრთობისთვის. ტიგელებს აცხელებენ  სანთურის ალზე, მუფელის ან ტიგელის ღუმელებში. ღუმელიდან ექსიკატორში (ან პირიქით) გადააქვთ ტიგელი მაშების საშუალებით

ჩამრეცხები

ფაიფურის ტიგელები და მაშა

ექსიკატორი - რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარებისას ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ხელსაწყოა. წარმოადგენს მინის ჭურჭელს მიხეხილი საცობით. ექსიკატორში მოთავსებულია ფაიფურის ნახვრეტებიანი სადები ტიგელებისთვის. ექსიკატორის ქვედა ნაწილს ავსებენ წყალწამრთმევი ნივთიერებით, როგორც წესი, ახლადგამომშრალი კალციუმის ქლორიდით. ექსიკატორი გამოიყენება ბიუქსების და ტიგელების გასაგრილებლად, ჰიგრო-სკოპული ნივთიერებების შესანახავად, ზოგიერთი მასალის ნე-ლა გამოსაშრობად.

ექსიკატორები

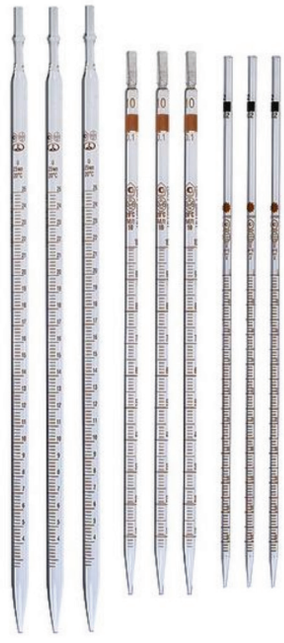
მზომი ცილინდრები - გამოიყენება წონითი და მოცულობითი ანალიზის ჩატარებისას, სითხეების მიახლოებითი მოცულობის განსაზღვრისთვის.

მზომი ცილინდრები

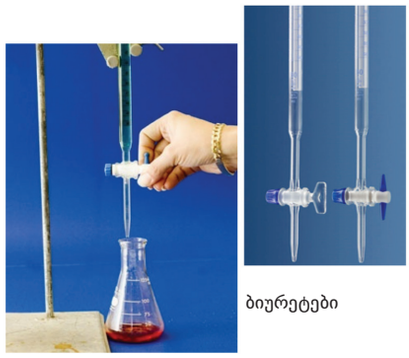
მზომი კოლბები - გამოიყენება მოცულობით ანალიზში და-ბალი კონცენტრაციის მქონე ხსნარების დასამზადებლად. ყვე-ლაზე ხშირად გამოიყენება 100, 200, 250, 500 და 1000 მლ მოცულობის კოლბები.

მზომი კოლბები

პიპეტები - მათი საშუალებით ერთი ჭურჭლიდან მეორეში იღებენ და გადააქვთ ზუსტი მოცულობის ხსნარები. პიპეტები არსებობს ცილინდრული და გაფართოებით: ეს უკანასკნელი უფრო ზუსტია. ძირითადად გამოიყენება 10, 20, 25 და 50 მლ მოცულობის პიპეტები.



პიპეტები



ბიურეტები

ბიურეტი - ცილინდრული გრადუირებული ჭურჭელი, ონკანით ან რეზინის საკეტით. ყოველი მილიმეტრის შემდეგ (მცირე - 0.1 მლ) მათზე დატანილია მსხვილი დანაყოფი. ბიურეტებით იზომება სითხის მოცულობა გატიტვრისას. ძირითადად გამოიყენება 25 და 50 მლ მოცულობის ბიურეტები.

რაოდენობრივი ანალიზის შედეგები დიდად არის დამოკიდებული გამოყენებული ჭურჭლის სისუფთავეზე. ამიტომ, ანალიზის დაწყებამდე ჭურჭელი კარგად უნდა გაირეცხოს.

*მინის ჭურჭელი ითვლება სუფთად, თუ მის კედლებზე არ შეინიშნება დაბინძურება და წყალი კედლებს ჩამოედინება თანაბარი შრით, წვეთების დატოვების გარეშე, წვეთების დატოვება ჭურჭლის კედელზე მიუთითებს მინის დაბინძურებაზე ცხიმით.*

*თავდაპირველად ჭურჭელი უნდა გაირეცხოს ჯაგრისით გამდინარე წყლის ქვეშ, შემდეგ საპნით ან სოდის ხსნარით. ჭურჭელი კვლავ უნდა გაირეცხოს გამდინარე წყლით და გამოევლოს 1-2 მცირე ულუფებით გამოხდილი წყალი. შეიძლება ჭურჭლის მხოლოდ გარე კედლების გამშრალება. დაუშვებელია შიდა კედლების გამშრალება.*

*თუ აღნიშნული ხერხით არ მოხდება ცხიმის მოცილება, ჭურჭელი უნდა გაირეცხოს „ქრომის ნარევით" - კალიუმის ბიქრომატის $K_2Cr_2O_7$ ხსნარით კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში. ქრომის ნარევთან მუშაობა მოითხოვს სიფრთხილეს! მას შეუძლია გამოიწვიოს კანის დამწვრობა ან ტანსაცმლის დაზიანება. გასუფთავებულ ჭურჭელს ავსებენ ქრომის ნარევით და აყოვნებენ. ამის შემდეგ კარგად გარეცხავენ გამდინარე წყლის ქვეშ და გამოავლებენ გამოხდილ წყალს.*

ჯაგრისები

*ქრომის ნარევის მომზადება. ფაიფურის ჭიქაში 10 გ კალიუმის ბიქრომატს და 15-20 მლ წყალს მექანიკური მორევით უმატებენ 60 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას (საჭიროა სიფრთხილე, მიმდინარეობს ნარევის გაცხელება!). წარმოიქმნება მუქი ნარინჯისფერი ხსნარი. თუ ბიქრომატი სრულად არ გაიხსნება, ნარევს უმატებენ გოგირდმჟავას და აცხელებენ.*

საშრობების ტიპები

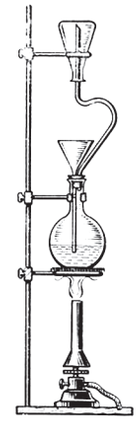
*ჭურჭელს წინასწარ გამოვავლოთ წყალი, რათა მექანიკურად მოვაშოროთ ის ნაერთები, რომლებიც სწრაფად იჟანგებიან ბიქრომატით და ქრომის ნარევი უვარგისი ხდება ხელმეორედ გამოყენებისთვის.*
*მცირე მოცულობის ქიმიურ ჭურჭელს მთლიანად ათავსებენ ქრომის ნარევში. მოზრდილ კოლბებს და ჭიქებს შიგნიდან უნდა გამოვავლოთ ქრომის ნარევი. ქრომის ნარევიდან ჭურჭელი ამოგვაქვს მაშის საშუალებით და ვავლებთ წყალში. უფრო ეფექტურია ჭურჭლის გარეცხვა შემთბარი ქრომის ნარევით.*
*ქრომის ნარევი შეიძლება გამოვიყენოთ მრავალჯერადად. მას ინახავენ ფაიფურის ჭურჭელში. როდესაც ქრომის ნარევი იცვლის ფერს და მუქი ნარინჯისფერი გადადის მომწვანო ფერში, ეს ნიშნავს, რომ მან დაკარგა დამჟანგავი მოქმედება და საჭიროა ხსნარის ახალი ულუფის დამზადება.*
*არ შეიძლება გამოყენებული ქრომის ნარევის ნიჟარაში ჩასხმა. იგი უნდა ჩავასხათ სპეციალურად გამოყოფილ ჭურჭელში.*

*კალიუმის პერმანგანატის ტუტე ხსნარის მომზადება. 10გ კალიუმის პერმანგანატის ($KMnO_4$) ხსნიან 10გ ნატრიუმის ტუტესა ($NaOH$) და 150 მლ წყალში. ამ ხსნარში გასუფთავებულ ჭურჭელს ტოვებენ რამოდენიმე დღის განმავლობაში (სპეციფიური სუნის მქონე ნაერთები იჟანგება და კარგავს სუნს). კალიუმის პერმანგანატის ტუტე ხსნარით დამუშავების შედეგად ჭურჭელი ყავისფრდება, ამიტომ ის უნდა დამუშავდეს კონცენტრირებული მარილმჟავით.*

ზოგჯერ ჭურჭლის გასუფთავებას ახდენენ გაორთქვლით (ორთქლში გატარებით).

ჭურჭელში მილის საშუალებით მიმართავენ წყლის ორთქლის ნაკადს. გაორთქლებას წყვეტენ, როდესაც გასასუფთავებელი ჭურჭლის კედლებზე შეწყდება წყლის წვეთების წარმოქმნა.

ფაიფურის ჭურჭელს ისევე რეცხავენ, როგორც მინისას. ფაიფურის ტიგელებს ქრომის ნარევით ან ცხელი მარილმჟავით გასუფთავების შემდეგ გამოაწრთობენ.



მოწყობილობა მინის ჭურჭლის გაორთქლებისთვის

**ხსნარის კონცენტრაცია**

მეცნიერები ტერმინს **კონცენტრაცია** იყენებენ ხსნარში გახსნილი ნივთიერების რაოდენობის განსაზღვრისთვის. ხსნარის კონცენტრაცია არის გახსნილი ნივთიერების მასა ან რაოდენობა ხსნარის მოცულობის ან მასის ერთეულში. რაც უფრო მეტია გახსნილი ნივთიერების რაოდენობა გამხსნელში, მით მეტია ხსნარის კონცენტრაცია.

გახსნილი ნივთიერების მასური წილი (პროცენტული კონცენტრაცია) უდრის ხსნარში გახსნილი ნივთიერების მასის შეფარდებას ხსნარის მასათან.

$$\omega = -\frac{m(\text{ნივთ})}{m(\text{ხსნ})} \cdot 100\ \%$$

მოლური ეწოდება ისეთ კონცენტრაციას, რომელიც გვიჩვენებს 1 ლ ხსნარში გახსნილი ნივთიერების მოლების რაოდენობას.

$$C = \frac{n}{V\ \text{ხსნ}}$$

ნივთიერების ხსნადობა გვიჩვენებს გამხსნელის ერთეულ მოცულობაში, მოცემულ ტემპერატურაზე, ნივთიერების მასას .

$$S=\frac{m\ (\text{ნივთ})}{V(\text{გამხს})}$$

ნორმალურია ხსნარი (N) რომლის ერთეულ მოცულობაში (1 ლიტრი) გახსნილია ნივთიერების 1 გრამ -ექვივალენტი

$$N=\frac{\text{Э(ნივთ.გრამ–ექვ.)}}{V\ (\text{ხსნ})}$$

ტიტრი არის ერთ მილილიტრ ხსნარში გახსნილი ნივთიერების რიცხობრივი გამოსახულება, მასა გრამებში.

$$\boldsymbol{T} = \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{V}}\ \text{გ/მლ}$$

## თევზის/ზღვის პროდუქტების და თევზის საარსებო გარემოს რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ანალიზების ჩატარების არსი, პრინციპები და თანმიმდევრობა

*ანალიზური ქიმია – მეცნიერებაა ნივთიერების ანალიზის მეთოდების შესახებ. იგი ქიმიური მეცნიერების ერთ-ერთი ძირითადი დარგია. ანალიზური ქიმია იყოფა ორ ნაწილად: თვისებით და რაოდენობით ანალიზად. თვისებითი ანალიზის ამოცანაა გამოსაკვლევი ნივთიერების ქიმიური შედგენილობის დადგენა, მასში შემავალი იონების, ატომთა ჯგუფების ან მოლეკულების იდენტიფიკაცია. რაოდენობითი ანალიზის ამოცანაა მოცემულ ნაერთში ან ნივთიერებათა ნარევში შემავალი ელემენტების ან ცალკეული ქიმიური ნაერთების რაოდენობების ზუსტი განსაზღვრა.*

## ანალიზის მეთოდების კლასიფიკაცია

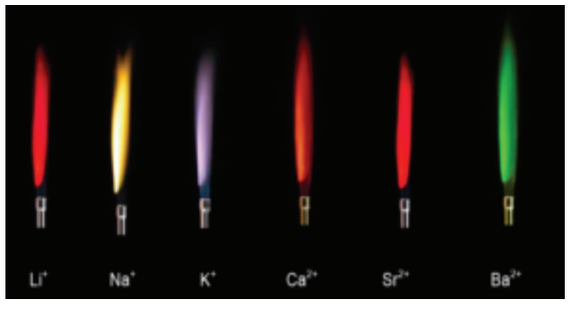
ანალიზის მეთოდები შეიძლება დავყოთ შემდეგი პრინციპის მიხედვით:

- მიზნის მიხედვით: ხარისხობრივი (თვისებითი) და რაოდენობრივი
- შესრულების ხერხის მიხედვით: ქიმიური, ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური (ინსტრუმენტული) მეთოდები
- სინჯის მასის მიხედვით: მაკრო- (>> 0,10 გ), ნახევარმიკრო- (0,10 ...0,01 გ), მიკრო- (0,01 ... 10-6 გ), ულტრამიკროანალიზი (10-6 გ).

## ხარისხობრივი (თვისებითი) ანალიზი

ხარისხობრივი ანალიზის ძირითადი ამოცანაა ამა თუ იმ იონის იდენტიფიკაცია (აღმოჩენა), მისი არსებობის დამტკიცება საანალიზო ობიექტში.

არსებობს ხარისხობრივი ანალიზის „სველი" და „მშრალი" მეთოდი. სველი მეთოდი დაფუძნებულია ხსნარში მიმდინარე სპეციფიკურ რეაქციებზე. ამ დროს გამოიყენება ანალიზური ანუ თვისებითი რეაქციები, რომელთა შედეგი ვიზუალურია: გამოიყოფა ნალექი, ან იცვლება ხსნარის შეფერილობა, ან გამოიყოფა აირადი ნივთიერება. თვისებითი ანალიზის მშრალი ხერხი ეფუძნება ელემენტების მიერ ალის შეფერვის სპეციფიკურ უნარს.




ქიმიური ინდენტიფიკაციისთვის ხშირად გამოიყენება რეაქციები, რომელთაც თან ახლავს სპირტქურის ალის შეფერვა. იონებით ალის შეფერვა ($Na^+$ - ყვითელი; $Sr^{2+}$ - წითელი; $Ba^{2+}$ -მწვანე; $K^+$ - იისფერი; $Tl^{3+}$ -მწვანე; $In^+$ - ლურჯი და სხვა) „მშრალი" რეაქციების მაგალითებია.

*საანალიზო ნივთიერების მცირე რაოდენობა პლატინის ან ნიქრომის მავთულისგან დამზადებული მარყუჟის საშუალებით შეაქვთ გაზის სანთურის ალის უფერო ნაწილში. ალის შეფერილობის მიხედვით ადგენენ სინჯში შესაბამისი იონის არსებობას (თუ ამ დროს ხელსაწყოს-ფოტომეტრის საშუალებით გავზომავთ ალის შეფერვის ინტენსივობას, შესაძლებელი გახდება ნიმუშში ელემენტის რაოდენობრივი შემცველობის დადგენა.*

**ზოგიერთი ელემენტის ნაერთების მიერ ალის შეფერვა**

| ელემენტი | ალის შეფერილობა | ელემენტი | ალის შეფერილობა |
|---|---|---|---|
| ლითიუმი | წითელი | ინდიუმი | მოლურჯო-იისფერი |
| ნატრიუმი | ყვითელი | თალიუმი | ზურმუხტისფერ-მწვანე |
| კალიუმი | იისფერი | ტყვია | ღია ლურჯი |
| რუბიდიუმი | მოვარდისფრო-იისფერი | დარიშხანი | ღია ლურჯი |
| ცეზიუმი | მოვარდისფრო-იისფერი | სტიბიუმი | ღია ლურჯი |
| კალციუმი | წითელი | სელენი | ღია ლურჯი |
| სტრონციუმი | წითელი | ტელური | ზურმუხტისფერ-მწვანე |
| ბარიუმი | მოყვითალი-მწვანე | სპილენძი | მწვანე |
| ბორი | მწვანე | მოლიბდენი | მოყვითალო-მწვანე |

ხარისხობრივი ანალიზის „სველი" მეთოდი დაფუძნებულია იონურ რეაქციებზე. რეაქციის მსვლელობისას, საანალიზო ნივთიერებაში ელემენტების ან იონების აღმოსაჩენად გამოიყენება რეაქტივები ან რეაგენტები.

ნივთიერებებს, რომლებიც საკვლევ ნივთიერებებს გარდაქმნიან დამახასიათებელი თვისებების მქონე ახალ ნაერთებად, **ქიმიური რეაქტივები** ეწოდებათ. შედგენილობის მიხედვით რეაქტივები შეიძლება დაიყოს არაორგანულ და ორგანულ ნივთიერებებად.

ლაბორატორიაში ან წარმოებაში გამოყენებული რეაქტივები სისუფთავის მიხედვით იყოფა *„ქიმიურად სუფთა"*, *„სუფთა ანალიზისთვის"*, *„სუფთა"* და *„ტექნიკურ"* რეაქტივებად. უმრავლეს შემთხვევაში ანალიზისთვის ანალიზურ ლაბორატორიებში გამოიყენება „სუფთა ანალიზისთვის" რეაქტივები. ყველაზე ნაკლებ მინარევს შეიცავს რეაქტივები მარკით „ქიმიურად სუფთა".

**განასხვავებენ სპეციფიკურ, სელექტიურ და ჯგუფურ რეაგენტებს.**

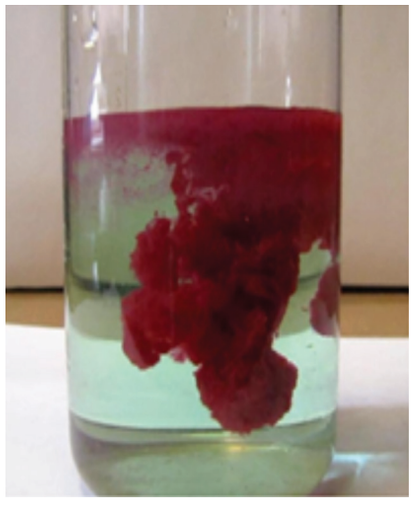
| სპეციფიკური რეაგენტი | სელექტიური რეაგენტი | ჯგუფური რეაგენტები |
|---|---|---|
| რეაგენტი, რომელიც იძლევა დამახასიათებელ რეაქციას ერთ კონკრეტულ იონთან და გვაძლევს მისი აღმოჩენის საშუალებას სხვა იონთა ნარევში. მაგალითად, იოდის იონის აღმოჩენა სახამებლის საშუალებით. | სელექტიური რეაგენტი - გამოიყენება რამდენიმე ნივთიერების ან იონის აღმოსაჩენად. მაგალითად, სისხლის ყვითელი მარილი $K_4[Fe(CN)_6]$ წარმოქმნის შეფერილ ნაერთებს $Fe^{3+}$ და $Cu^{2+}$-ის იონებთან ურთიერთქმედებისას. | ეს რეაგენტები გვაძლევენ გარკვეული ანალიზური ჯგუფის იონების აღმოჩენის საშუალებას. მაგალითად, თუ $Ag^+$, $Pb^{2+}$, $Hg^{2+}$ და სხვა იონების შემცველ ხსნარს დავუმატებთ HCl-ის ხსნარს, ეს იონები გამოიყოფა ხსნარიდან ნალექის სახით. |

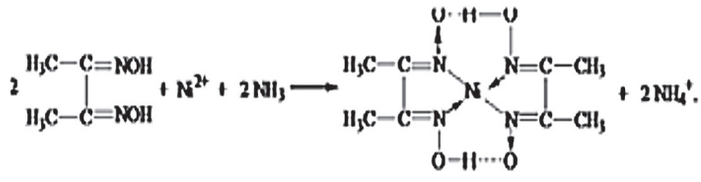
ანალიზურ ქიმიაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სელექტიურ რეაქტივებს. ისინი უმეტესად თხევადი ორგანული ნაერთებია, რომლებსაც შეუძლიათ გახსნან ერთი ან რამდენიმე კომპონენტი ნივთიერების რთული ნარევიდან.

კათიონების და ანიონების სისტემატური ანალიზის ჩატარებისას, ფართოდ გამოიყენება ჯგუფური რეაგენტები. ჯგუფური რეაქტივები რეაგირებენ იონების მთელ ჯგუფთან.

რეაქტივებისადმი მთავარი მოთხოვნებია: სისუფთავე და სპიციფიკურობა.

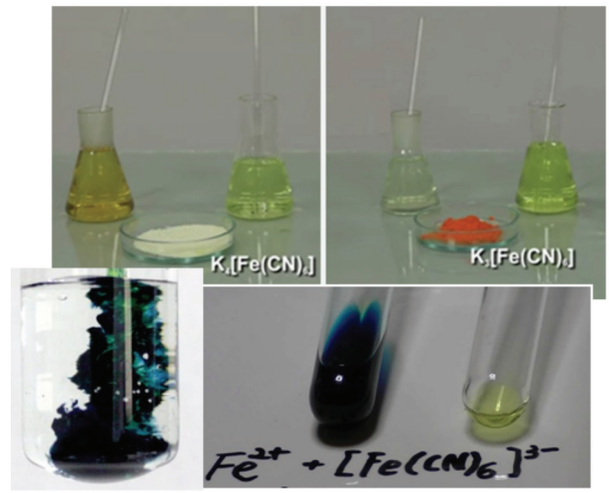
*სპეციფიკური რეაქტივები გამოიყენება კონკრეტული იონების აღმოსაჩენად სხვა იონების თანაობისას. მაგალითად, ჩუგაევის რეაქტივი გამოიყენება ნიკელის იონების აღმოსაჩენად:*





ჩუგაევის რეაქტივი (ნიკელის დიმეთილგლიოქსიკამის წარმოქმნა)

*სისხლის ყვითელი მარილი $K_4[Fe(CN)_6]$ და სისხლის წითელი მარილი $K_3[Fe(CN)_6]$ რკინის (II) და (III) იონების აღმოსაჩენი სპეციფიკური რეაქტივებია:*




*რეაქტივების დაბინძურების თავიდან აცილების მიზნით ქილიდან ამოღებული რეაქტივის ჭარბი რაოდენობის ან გამოუყენებელი რეაქტივის ქილაში უკან დაბრუნება ყოვლად დაუშვებელია!*

არსებობს კათიონთა კლასიფიკაციის რამდენიმე მეთოდი. მათ შორის ყველაზე გავრცელებულია:

1. გოგირდწყალბადური (სულფიდური);
2. ფოსფატ-ამიაკური;
3. მჟავურ-ფუძური.

**კათიონების გოგირდწყალბადური (სულფატური) კლასიფიკაცია**

| ჯგუფები | კათიონები | ჯგუფური რეაგენტი |
|---|---|---|
| I | $Li^+$, $Na^+$, $K^+$, $NH_4^+$, $Mg^{2+}$ | არ არსებობს |
| II | $Ca^{2+}$, $Sr^{2+}$, $Ba^{2+}$ | $(NH_4)_2CO_3$-ის ხსნარი ამიაკურ ბუფერში (pH≈9,2) |
| III | $Al^{3+}$, $Cr^{3+}$, $Zn^{2+}$ $Mn^{2+}$, $Fe^{2+}$, $Fe^{3+}$ $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ | $(NH_4)_2S$-ის ხსნარი (pH=7-9) |
| IV | $Cu^{2+}$, $Cd^{3+}$, $Hg^{2+}$, $Bi^{2+}$ $Sn^{2+}$, $Sn^{4+}$, $Sb^{3+}$, $Sb^{5+}$ $As^{3+}$, $As^{5+}$ | $H_2S$-ის ხსნარი (pH=0,5) (HCl) |
| V | $Ag^+$, $Hg_2^{2+}$, $Pb^{2+}$ | HCl-ის ხსნარი |

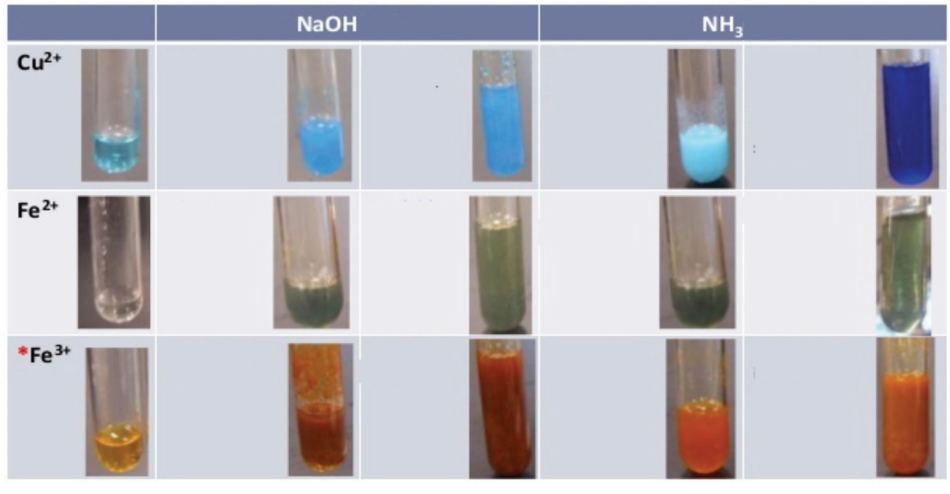
### კათიონების ფოსფატურ - ამიაკური კლასიფიკაცია

| ჯგუფები | კათიონები | ჯგუფური რეაგენტი |
|---|---|---|
| I | $Na^+$, $K^+$, $NH_4^+$ | – |
| II | $Li^+$, $Mg^{2+}$, $Ca^{2+}$, $Sr^{2+}$ $Ba^{2+}$, $Fe^{2+}$, $Al^{3+}$, $Bi^{3+}$, $Cr^{3+}$, $Fe^{2+}$ | $(NH_4)_2HPO_4$ ამიაკური ხსნარი (25%) |
| II | $Cu^{2+}$, $Zn^{2+}$, $Cd^{2+}$, $Hg^{2+}$ $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ | $(NH_4)_2HPO_4$-ის ხსნარი; ფოსფატები იხსნებიან ამიაკის წყალხსნარში*** |
| IV | $Sn^{2+}$, $Sn^{4+}$, $As^{3+}$, $As^{5+}$ $Sb^{3+}$, $Sb^{5+}$ | $HNO_3$-ის ხსნარი |
| V | $Ag^+$, $Hg_2^{2+}$, $Pb^{2+}$ | HCl-ის ხსნარი |

### კათიონების მჟავურ - ფუძური კლასიფიკაცია

| ჯგუფები | კათიონები | ჯგუფური რეაგენტი |
|---|---|---|
| I | $Li^+$, $Na^+$, $K^+$, $NH_4^+$ | – |
| II | $Ag^+$, $Hg_2^{2+}$, $Pb^{2+}$ | HCl-ის ხსნარი |
| III | $Ca^+$, $Sr^{2+}$, $Ba^{2+}$ | $H_2SO_4$-ის ხსნარი |
| IV | $Zn^{2+}$, $Al^{3+}$, $Sn^{2+}$, $Sn^{4+}$, $As^{3+}$, $As^{5+}$, $Cr^{3+}$ | NaOH-ის ხსნარი $H_2O_2$-ის თანაობისას |
| V | $Mg^{2+}$, $Sb^{3+}$, $Sb^{5+}$, $Bi^{3+}$, $Mn^{2+}$, $Fe^{2+}$, $Fe^{2+}$ | NaOH-ის ხსნარი ან ამიაკის ხსნარი (25%) |
| VI | $Cu^{2+}$, $Cd^{2+}$, $Hg^{2+}$ $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ | ამიაკის ხსნარი (25%) |

კათიონებზე შესაბამისი რეაგენტების მოქმედებისას წარმოიქმნება ნალექი ან შეფერილი ხსნარები.



ანიონების კლასიფიკაცია ჯგუფების მიხედვით არ არის შემუშავებული - არ არსებობს საყოველთაოდ მიღებული კლასიფიკაცია. ყველაზე ხშირად გამოიყენება კლასიფიკაცია, რომელიც დაფუძნებულია ბარიუმის და ვერცხლის მცირედხსნადი მარილების წარმოქმნაზე.

## ანიონების კლასიფიკაცია, დაფუძნებული ბარიუმის და ვერცხლის მცირედხსნადი მარილების წარმოქმნაზე

| ჯგუფები | ანიონები | ჯგუფური რეაგენტი |
|---|---|---|
| I | $SO_4^{2-}$, $SO_3^{2-}$, $S_2O_3^{2-}$, $C_2O_4^{2-}$, $CO_3^{2-}$, $B_4O_7^{2-}$, $(BO_2)^{2-}$, $PO_4^{3-}$, $AsO_4^{3-}$, $AsO_3^{3-}$, $F^-$ | $BaCl_2$-ის ხსნარი ნეიტრალურ ან ტუტე გარემოში |
| II | $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$, $BrO_3^-$, $CN^-$, $NCS^-$, $S^{2-}$ | $AgNO_3$-ის ხსნარი განზავებულ აზოტმჟავაში |
| III | $NO_2^-$, $NO_3^-$, $CH_3COO^-$ | არ არსებობს |

შესრულების მეთოდის მიხედვით, ხარისხობრივი ანალიზი ქიმიურ მეთოდებს მიეკუთვნება. ხარისხობრივ ანალიზში გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის რეაქციები, დამახასიათებელი სხვადასხვა ნიშნებითა და სიგნალებით.

## ანალიზურ ქიმიაში გამოყენებული რეაქციები

1. შეერთების, დაშლის, ჩანაცვლების ან მიმოცვლის რეაქციები

$$CaO + SiO_2 \xrightarrow{t^\circ C} CaSiO_3$$

$$2KClO_3 \xrightarrow{MnO_2} 2KCl + 3O_2$$

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

$$K_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2KCl \qquad Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow \downarrow BaSO_4$$

2. *ჰიდროლიზი* (კათიონის, ანიონის და კათიონის და ანონის მიხედვით)

$$Al^{3+} + HOH \leftrightarrow Al(OH)^{2+} + H^+;$$

$$CO_3^{2-} + HOH \leftrightarrow HCO_3^- + OH^-;$$

3. *ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციები*

$$2MnSO_4 + 5K_2S_2O_8 + 8H_2O \rightarrow 2HMnO_4 + 10KHSO_4 + 2H_2SO_4$$

4. *კომპლექსწარმოქმნის რეაქციები*

$$CuSO_4 + 4NH_4OH \rightarrow [Cu(NH_3)_4]SO_4 + 4H_2O$$

**ხარისხობრივი ანალიზის მეთოდების სიგნალები**

1. ნალექის წარმოქმნა და გახსნა:

$$Hg^{2+} + 2I^- \rightarrow \downarrow HgI_2 \text{ (წითელი)}$$

$$HgI_2 + 2KI \rightarrow K_2[HgI_4] \text{ (უფერო)}$$

2. ხსნარის შეფერილობის წარმოქმნა, ცვლილება ან ხსნარის გაუფერულება (ფერადი რეაქციები)

| | | |
|---|---|---|
| $Mn^{2+} \rightarrow$ | $MnO_4^- \rightarrow$ | $MnO_4^{2-}$ |
| უფერო | იისფერი | მწვანე |

3. აირის გამოყოფა

$$SO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow SO_2\uparrow + H_2O$$

4. მკაცრად განსაზღვრული ფორმის კრისტალების წარმოქმნა

**გავიხსენოთ:** *შეერთების რეაქცია ეწოდება ისეთ რეაქციას, რომლის მიმდინარეობის დროს ორი ან რამდენიმე მარტივი ან ნაკლებად რთული ნივთიერებისაგან წარმოიქმნება ერთი რთული ნივთიერება.*

*დაშლის რეაქცია ეწოდება ისეთ რეაქციას, რომლის მიმდინარეობისას ერთი ნივთიერებისაგან მიიღება ორი ან მეტი მარტივი, ან ნაკლებად რთული ნივთიერება.*

*ჩანაცვლების რეაქცია ეწოდება ისეთ რეაქციას, რომლის დროსაც ურთიერთქმედებს მარტივი და რთული ნივთიერება და მარტივი ნივთიერების ატომები ანაცვლებენ რთული ნივთიერების შემადგენელ ერთ-ერთი ელემენტის ატომებს. მიმოცვლის რეაქცია ორ რთულ ნივთიერებას შორის მიმდინარე რეაქციაა, რომლის დროსაც რთული ნივთიერების შემადგენელი ატომები ან ატომთა ჯგუფები მიმოიცვლება.*

*რეაქციაში მონაწილე ნივთიერებების შედგენილობაში მყოფი ატომების ჟანგვითი ხარისხის ცვლილების მიხედვით, განასხვავებენ ჟანგვა-აღდგენის და მის გარეშე მიმდინარე რეაქციებს:* $CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$
*– არა ჟანგვა–აღდგენითი რეაქცია*

*$Al^0 + Mn^{4+}O_2^{2-} \rightarrow Mn^0 + Al_2^{3+}O_3^{2-}$– ჟანგვა–აღდგენითი რეაქცია*

*ნივთიერების დაშლას წყლის საშუალებით ჰიდროლიზი ეწოდება.*

*კომპლექსნაერთების წარმოქმნას და ნივთიერების განსაზღვრას კომპლექსონების საშუალებით, კომპლექსონომეტრია ეწოდება.*

*რეაქციას ფუძესა და მჟავას შორის, როდესაც წარმოიქმნება მარილი და წყალი, ნეიტრალიზაციის რეაქცია ეწოდება:*

$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

$Cu(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 2H_2O$

აღმომჩენი რეაქციები გამოიყენება ორგანული ნაერთების იდენტიფიკაციისათვისაც.

| ორგანული ნივთიერება | აღმომჩენი რეაგენტი | ცვლილება |
|---|---|---|
| უჯერი ბმების შემცველი ნაერთები (ალკენები, ალკინები, ალკადიენები...) | 1. ბრომიანი წყალი<br>2. პერმანგანატის ხსნარი | შეფერილი ხსნარის გაუფერულება |
| აცეტილენი | $Cu^+$ | მურა-წითელი ნალექი |
| | $Ag^+$ | მოყვითალო-ნაცრისფერი ნალექი |
| არომატული ნახშირწყალბადები<br>(ბენზოლი) | ფორმალინისა და კონცენტრირებული გოგირდმჟავას ხსნარები | შეფერილი ხსნარი<br>(წითელი შეფერილობის ხსნარი) |
| მეორეული და მესამეული სპირტები | ლუკასის რეაქტივი<br>($ZnCl_2$+$HCl_{კონც}$) | ხსნარი აიმღვრევა |
| ორატომიანი და სამატომიანი სპირტები | $Cu(OH)_2$ ახლადდალექილი | კაშკაშა ლურჯი ფერის ხსნარი |
| ფენოლი | $FeCl_3$ | იისფერი შეფერილობა |
| ალდეჰიდები | ვერცხლის სარკის რეაქცია | ვერცხლის გამოლექვა |
| | $Cu(OH)_2$ | ყვითელი ნალექი, რომელიც გახურებისას აგურისფერში გადადის. |
| | ფუქსინგოგირდმჟავა | მოწითალო-იისფერი შეფერილობის წარმოქმნა |
| ამინომჟავები | ნინჰიდრინი | მოვარდისფრო-იისფერი ნაერთები |

## რაოდენობრივი ანალიზი

რაოდენობრივი ქიმიური ანალიზი - ნივთიერების რაოდენობითი შედგენილობის განსაზღვრა, ანუ საანალიზო ნივთიერებაში ქიმიური ელემენტების, იონების, ატომების, ატომური ჯგუფების და მოლეკულების რაოდენობის დადგენა.

*რაოდენობით ანალიზს საფუძვლად უდევს მასის მუდმივობის კანონი, რომლის თანახმად ქიმიურ რეაქციაში შესული ნივთიერებათა მასა ტოლია რეაქციის შედეგად მიღებული პროდუქტების მასის.*

რაოდენობით ანალიზს ატარებენ ქიმიური, ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით.

რაოდენობითი ანალიზის ქიმიური მეთოდებია:

- წონითი ანალიზი (გრავიმეტრია), სადაც ხდება განსასაზღვრი ნივთიერების დალექვა რეაქტივის სიჭარბით და ანალიზის ბოლოს მისი ზუსტი აწონა
- მოცულობითი (ტიტრიმეტრული) ანალიზი, რომელიც დამყარებულია ზუსტი კონცენტრაციის მქონე ხსნარის მოცულობის გაზომვაზე.

დღეისათვის გრავიმეტრული ანალიზი ფართოდ გამოიყენება არაორგანული და ორგანული ნაერთების, აგრეთვე ცხოველური და მცენარეული წარმოშობის ბუნებრივი ნაერთების გამოკვლევისას.

გრავიმეტრული და ტიტრიმეტრული ანალიზის მეთოდები ითვლება კლასიკურ მეთოდებად. ისინი გამოირჩევიან მაღალი სიზუსტით, განსაზღვრის ცდომილება არ აღემატება 0.1-0.2%–ს. ანალიზის მეთოდების მნიშვნელოვანი მახასიათებლებია მგრძნობელობა და სიზუსტე.

*მეთოდის მგრძნობელობა ეწოდება ნივთიერების უმცირეს რაოდენობას, რომლის დაზუსტებაც შესაძლებელია აღნიშნული მეთოდით.*
*ანალიზის სიზუსტეს უწოდებენ განსაზღვრის ფარდობით ცდომილებას, რომელიც წარმოადგენს ნივთიერების ნაპოვნი (x1) და ჭეშმარიტი (x) შემცველობების სხვაობის ფარდობას ნივთიერების ჭეშმარიტ შემცველობასთან.*
*ნივთიერების ჭეშმარიტ შემცველობად მიიღება მისი საშუალო არითმეტიკული შემცველობა, რომელიც ნაპოვნია სინჯის ანალიზში 5-7 პარალელური განსაზღვრისას.*

| მეთოდი | მგრძნობელობა, მოლ/ლ | სიზუსტე, % |
|---|---|---|
| ტიტრიმეტრული | 10 – 4 | 0,2 |
| გრავიმეტრული | 10 – 5 | 0,05 |

## წონითი (გრავიმეტრული) ანალიზი

*წონითი (გრავიმეტრული) ანალიზი* - ერთ-ერთი ყველაზე ძველი, ანალიზის „კლასიკური მეთოდია". ითვლება საკმაოდ ზუსტ მეთოდად. მისი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ საანალიზო მასალის წონაკი გადაჰყავთ ხსნარში და საჭირო კომპონენტს გამოლექავენ გარკვეული შემადგენლობის მცირედხსნადი ნაერთის სახით. ნალექს მოაცილებენ ხსნარს, ასუფთავებენ მინარევებისგან და წონიან. ნალექის მასის დადგენის შემდეგ, შესაძლებელი იქნება მოცემული კომპონენტის პროცენტული რაოდენობის განსაზღვრა ნივთიერებაში. მაგალითად, ქლორიდებში ქლორიდ იონის $Cl^-$ განსაზღვრისთვის, ხსნარიდან მას გამოლექავენ ვერცხლის იონით $Ag^+$ და მიღებული ნალექის მასის მიხედვით ახორციელებენ საჭირო გამოთვლებს.

გრავიმეტრული ანალიზი არის აბსოლუტური, ანუ უეტალონო მეთოდი.

გრავიმეტრული ანალიზით შესაძლებელია კათიონების, ანიონების და ნეიტრალური ნაერთების ($I_2$, $H_2O$, $CO_2$, $SO_2$) დიდი რაოდენობის განსაზღვრა.

გრავიმეტრული ანალიზის მეთოდებია:

1. გამოყოფის მეთოდი - განსასაზღვრისას შემადგენელ ნაწილს გამოყოფენ თავისუფალი სახით და წონიან;
2. გამოლექვის მეთოდი - შემადგენელ ნაწილს გამოლექავენ გარკვეული შედგენილობის მცირედხსნადი ნაერთების სახით. ნალექს რეცხავენ, გამოაწრთობენ და წონიან;
3. გადადენის მეთოდი - შემადგენელ ნაწილს გარდაქმნიან აქროლად ნივთიერებად და გადადენიან გაცხელებით. მეთოდი იშვიათად გამოიყენება

ყველაზე ხშირად გამოიყენება გამოლექვის მეთოდი. ის შედგება შემდეგი ეტაპებისგან:

- ნაერთის გამოლექვა;
- გაფილტვრა;
- ნალექის ჩარეცხვა
- გამოშრობა და გამოწრთობა ნალექის გრავიმეტრულ ან წონით ფორმაში გადასაყვანად (ანუ ფორმაში, რომლის აწონვაც შესაძლებელია);
- მიღებული ნალექის აწონა;
- შედეგების გაანგარიშება.

გრავიმეტრული ანალიზის ჩასატარებლად საჭირო ქიმიური ჭურჭელი და ხელაწყოები:

ქიმიური ჭიქები და კოლბები

ბიუქსები და საათის მინა

ძაბრები

ჩამრეცხები

მინის წკირები

ტიგელები

ექსიკატორი

***ტიგელის მომზადება გრავიმეტრული ანალიზის ჩატარებისას***

*ტიგელების მომზადებით იწყება გრავიმეტრული განსაზღვრა. ტიგელი მზად ჩაითვლება, თუ ის გამოწრთობილია მუდმივ მასამდე. ტიგელს გულდასმით რეცხავენ, აშრობენ სანათის ალზე და გამოაწრთობენ მუფელის ღუმელში ნალექის გამოწრთობის ტემპერატურაზე 30-40 წუთის განმავლობაში.*

*გამოწრთობილ ტიგელს ათავსებენ ექსიკატორში 40-45 წუთის განმავლობაში მისი ოთახის ტემპერატურამდე გასაგრილებლად. აწონის შემდეგ ტიგელს კვლავ ათავსებენ მუფელის ღუმელში 15-20 წუთის განმავლობაში, კვლავ აცივებენ ექსიკატორში და წონიან.*

*პროცედურებს ატარებენ ტიგელის მუდმივი მასის მიღებამდე. ტიგელი ჩაითვლება გამოწრთობილად (მუდმივ მასამდე მიყვანილად), თუ სხვაობა ორ თანმიმდევრულ აწონებს შორის არ აღემატება 0,0002 გ-ს (აწონა ხორციელდება ანალიზურ სასწორზე).*

გრავიმეტრული განსაზღვრისას მნიშვნელოვანია ნალექის ნაწილაკების ზომა და სტრუქტურა.

გრავიმეტრიაში ნალექის მიმართ წაყენებულია ხისტი მოთხოვნები:

- ✔ ნალექი პრაქტიკულად უნდა იყოს უხსნადი;
- ✔ განსასაზღვრი კომპონენტი უნდა გამოიყოს რაოდენობრივად, ნალექის სახით.
- ✔ ნალექი უნდა გამოიყოს ხსნარიდან მოსაცილებელი და ჩასარეცხად მოხერხებული ფორმის სახით. სასურველია იყოს მსხვილკრისტალური;

- ✔ დისპერსიულობის მიხედვით ნალექი უნდა იყოს ერთგვაროვანი;
- ✔ ნალექი არ უნდა შეიცავდეს მინარევებს.

**საანალიზო ნივთიერების წონაკის გაანგარიშება**

კრისტალური ნალექისთვის: $$g = \frac{x\ M_1\ 0.5}{y\ M_2}$$

ამორფული ნაშთისთვის: $$g = \frac{x\ M_1\ 0.1}{y\ M_2}$$

სადაც,

*g* - სინჯის წონაკი (გ);

x და y - განსასაზღვრი ნივთიერების (x) დასალექ ფორმაში და შემდეგ წონით ფორმაში (y) გადასვლის რეაქციის განტოლების სტექიომეტრული კოეფიციენტები;

$M_1$ - საანალიზო ნივთიერების მასა;

$M_2$ - საანალიზო ნივთიერების მოლეკულური მასა.

*დალექვა.* გრავიმეტრული ანალიზის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სტადიაა დალექვა. რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარებისას აუცილებელია საანალიზო ნივთიერების განსაზღვრული შემადგენელი ნაწილის პრაქტიკულად მთლიანად ნალექში გადაყვანა. ნალექი უნდა იყოს სუფთა და იმ ფორმით, რომ შესაძლებელი იყოს მისი გაფილტვრა და ჩარეცხვა.

დალექვის პირობები

*დამლექის შერჩევა.* დამლექს ირჩევენ შემდეგი მოთხოვნების მიხედვით:

1. სასურველია დამლექი იყოს სპეციფიკური, ანუ დალექოს აღნიშნული იონი;
2. მოსახერხებელია დამლექი იყოს აქროლადი ნივთიერება.

*დამლექის რაოდენობა.* არც ერთი ელექტროლიტი არ არის წყალში აბსოლუტურად უხსნადი. თეორიულად არც ერთი დალექვა არ არის სრული, მაგრამ დალექვა ითვლება სრულად, როდესაც ხსნარში დარჩენილი დასალექი ნივთიერების რაოდენობა არ აღემატება 0,0002 გ–ს.

საკმაოდ სუფთა და ფილტრაციისთვის მოსახერხებელი კრისტალური ნალექის მისაღებად უნდა დავიცვათ შემდეგი პირობები:

- კრისტალური ნალექის დალექვა უნდა ხორციელდებოდეს ძლიერ განზავებული ხსნარებიდან დამლექის ძლიერ განზავებული ხსნარით;
- დამლექი უნდა დავუმატოთ ფრთხილად, დასაწყისში წვეთ-წვეთობით;

- დალექვა უნდა მოხდეს ცხელი წყალხსნარებიდან;
- მსხვილი კრისტალების მისაღებად, ნალექი თავდაპირველად უნდა გავაჩეროთ დედა-ხსნარში სიცივეზე; ამ შემთხვევაში წარმოიქმნება მსხვილი კრისტალები, მოხდება ხსნარის „დაბერება".

*ამორფული ნალექის* დასალექად უნდა დავიცვათ სხვა პირობები:

- დალექვა ხორციელდება მცირედ განზავებული ხსნარებიდან დამლექის კონცენტრირებული ხსნარით. ამ შემთხვევაში წარმოიქმნება უფრო მჭიდრო ნალექი;
- დამლექს უმატებენ უფრო სწრაფად, ვიდრე კრისტალური ნალექის მისაღებად;
- დალექვამდე ხსნარს უმატებენ კოაგულაციის გამომწვევ ელექტროლიტს;
- დალექვას ახდენენ ცხელი ხსნარიდან და დაუყოვნებლივ იწყებენ ფილტრაციას, ნალექის გაშრობას და გამოწრთობას.

*დალექვა ხორციელდება ქიმიურ ჭიქებში და არა კოლბებში, საიდანაც შეუძლებელია ნალექის სრული გადმოტანა. რეაქტივს, რომლითაც ხდება დალექვა, ფრთხილად ამატებენ პატარა ჭიქიდან იმ ჭიქის შიდა კედელზე დაყოლებით, რომელშიც მიმდინარეობს დალექვა.*
*საანალიზო ნივთიერების დანაკარგი რომ თავიდან ავიცილოთ, არ უნდა დავუშვათ დამლექის გაშხეფება. დამატება უნდა მიმდინარეობდეს მინის წკირის გამუდმებული მორევით. მინის წკირი არ უნდა ედებოდეს ქიმიური ჭიქის კედლებს და ფსკერს, არ უნდა ფხაჭნიდეს მინას. თუ დალექვა მიმდინარეობს ცხელ ხსნარში, მაშინ ხსნარი არ უნდა მივიყვანოთ დუღილამდე იმის გამო, რომ ცხელ ხსნარზე რეაქტივის დამატებამ შეიძლება გამოიწვიოს ნივთიერების დაკარგვა (დანაკარგი) ორთქლის მკვეთრი და უეცარი გამოყოფის გამო.*

გრავიმეტრული ანალიზის ყველა განხილული სტადია შეესაბამებოდა ხსნარებს. მაგრამ თუ საანალიზო ნივთიერება მყარია, მაშინ უნდა აიღონ ამ ნივთიერების წონაკი, გახსნან და შემდეგ დალექონ.

*წონაკი არის შუა სინჯიდან აღებული და ანალიზურ სასწორზე აწონილი ნივთიერების გარკვეული რაოდენობა.*

ანალიზური სასწორები

ნივთიერებას ათავსებენ ბიუქსში ან საათის მინაზე და წონიან ანალიზურ სასწორზე 0,0002 გ სიზუსტით. წონაკის აღებისას:

- ამოწმებენ ბიუქსის ან საათის მინის სისუფთავეს და სიმშრალეს;
- ყველა წესის დაცვით წონიან ბიუქსის ან საათის მინას;
- განსაზღვრავენ ბიუქსის ან საათის მინის და წონაკის საერთო მასას;
- ნივთიერებასთან ერთად წონიან ბიუქსის ან საათის მინას.

*წონაკი გადააქვთ იმ ქიმიურ ჭიქაში, რომელშიც გაიხსნება. ბიუქსიდან ნივთიერების ყველა ნამცეცის ჭიქაში გადასატანად, ბიუქსს უნდა გამოვავლოთ წყალი ჩამრეცხიდან.*
*წონაკს ხსნიან წყალში მცირედი შემჟავებით, ჰიდროლიზის თავიდან აცილების მიზნით.*

## ანალიზის შედეგების გაანგარიშება:

იმისთვის, რომ გავიგოთ ნალექის წონა, საჭიროა, ტიგელის მასას ნალექით გამოვაკლოთ ფილტრის ნაცრის და ტიგელის მასა (მითითებულია ეტიკეტზე). შემდეგ ნალექის მასა უნდა გავამრავლოთ ანალიტიკურ ნამრავლზე F და ჩვენ მივიღებთ განსასაზღვრი ნივთიერების მასას. როგორც წესი, ანალიტიკური ნამრავლები მოყვანილია ცხრილებში. ცხრილების არარსებობის შემთხვევაში, ნამრავლი უნდა გამოითვალოს.

გრავიმეტრული ანალიზისას, ისევე როგორც ნებისმიერი სხვა რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარებისას, უნდა განხორციელდეს ორი-სამი პარალელური განსაზღვრა. თუ პარალელური განსაზღვრის შედეგებს შორის განსხვავება არ აღემატება 0,0002-0,0004 გ-ს, იღებენ საშუალო მნიშვნელობას. სხვა შემთხვევაში სამუშაო თავიდან უნდა ჩატარდეს. ანალიზი ჩაითვლება უფრო ზუსტად, რაც ნაკლები იქნება განსხვავება პარალელურ განსაზღვრებს შორის.

ანალიზის ყველა პარალელური განსაზღვრის შედეგი უნდა შევიტანოთ სამუშაო რვეულში. ანალიზისას, როგორც წესი, აინტერესებთ განსასაზღვრი ელემენტის ან ნივთიერების არა აბსოლუტური მნიშვნელობა, არამედ მისი შემცველობა საანალიზო ნივთიერებაში.

პროცენტული შემცველობის გაანგარიშება შეიძლება ფორმულით:

$$x = \alpha\ (F\ 100)g$$

სადაც, g საანალიზო ნივთიერების წონაკია; α - ნალექის მასა; F - ანალიტიკური ნამრავლი

გრავიმეტრული ანალიზი ითვლება ყველაზე საიმედოდ და გამოიყენება სხვა მეთოდების საიმედოობის შესაფასებლად.

## ანალიზის მოცულობითი (ტიტრიმეტრული) მეთოდი

მოცულობით ანალიზში არ ხდება პროდუქტის გამოყოფა და აწონა. ეს მეთოდი ეფუძნება საანალიზო კომპონენტთან რეაქციაში შესული რეაქტივის გახარჯული მოცულობის ზუსტ განსაზღვრას.

მოცულობით ანალიზში გამოიყენება ე.წ. სამუშაო ტიტრიანი ხსნარები, რომელთა კონცენტრაცია, ანუ ტიტრი წინასწარ არის დადგენილი. ასეთ ხსნარებს ტიტრანტები ეწოდებათ.

*ტიტრი ეწოდება 1 მლ ხსნარში გახსნილი ნივთიერების რაოდენობას გრამებში. მაგალითად, თუ მარილმჟავას ტიტრი ტოლია 0,002302-ის, ეს ნიშნავს, რომ ხსნარის თითოეული მილილიტრი შეიცავს 0,002302 გ HCl-ს.*

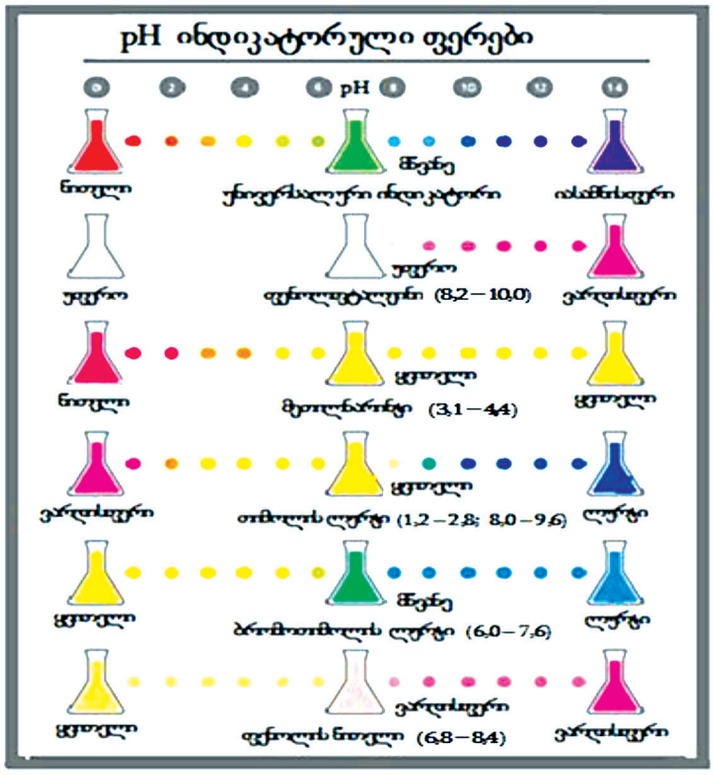
საანალიზო ნივთიერების ხსნარისთვის ტიტრანტის თანდათანობით დამატებას ტიტრაცია ეწოდება.

გატიტვრისას რეაქტივი გამოიყენება არა ჭარბი, არამედ იმ რაოდენობით, რომელიც ექვივალენტურია საანალიზო ნივთიერების, ანუ ზუსტად შეესაბამება რეაქციის განტოლებას. ამიტომ ტიტრაციის პროცესში აუცილებელია რეაქციის დასრულების მომენტის დადგენა, ანუ *ექვივალენტის წერტილის* დადგენა. ექვივალენტის წერტილის დასადგენად იყენებენ ინდიკატორებს – რეაქციის დამთავრების მაჩვენებელებს. ინდიკატორები (ლათ. indicator – მაჩვენებელი) ისეთი რთული ორგანული ნაერთებია, რომელთაც აქვთ სუსტი მჟავას ან სუსტი ფუძის თვისებები და საანალიზო ხსნარში ადვილად შესამჩნევი ცვლილებებით (ფერის შეცვლით და ზოგჯერ გამჭირვალე ხსნარში ნალექის წარმოქმნით) ქიმიური რეაქციის დამთავრებას გვიჩვენებენ.

მოცულობითი ანალიზისას, განსაკუთრებით ნეიტრალიზაციის მეთოდის გამოყენების დროს, რეაქციის დამთავრებას (ნეიტრალიზაციის ანუ ექვივალენტურ წერტილს) ინდიკატორების მეშვეობით საზღვრავენ.

ინდიკატორები ექვივალენტობის წერტილში იცვლიან ფერს. მაგალითად, ნეიტრალიზაციის მეთოდში უმეტესწილად იყენებენ მეთილნარინჯს, ფენოლფტალეინს, ლაკმუსს. ეს ინდიკატორები წარმოადგენენ მჟავა ან ფუძე თვისების ორგანულ ნაერთებს, რომლებიც ხსნარის pH-ის მიხედვით იცვლიან ფერს. მაგალითად, მჟავა გარემოში მეთილნარინჯი წითელია, ტუტე გარემოში კი ყვითელი, ექვივალენტობის წერტილში ნარინჯისფერი - ოდნავ მოვარდისფრო ელფერით. მისი ფერის შეცვლის ინტერვალი pH-ის ერთეულში არის 3,4 – 4,4.

| ინდიკატორის დასახელება | ხსნარის ფერი | | ფერის გადასვლის ინტერვალი | გატიტვრის მაჩვენებელი pT | ინდიკატორის ხსნარის დამზადება |
|---|---|---|---|---|---|
| | მჟავა არეში | ტუტე არეში | | | |
| მეთილნარინჯი | pH < 3,1 მოვარდისფრო | pH > 4,4 ყვითელი | 3,1-4,4 ნარინჯის ფერი | 4,0 | 0,05 გ + 100 მლ გამოხდილი წყალი |
| ფენოლფტალეინი | pH < 8,3 უფერო | pH >10 მოწითალო-ჟოლოსფერი | 8,2-10,0 ღია ვარდისფერი | 9,0 | 1 გ + 100 გ ეთილის ანუ ღვინის სპირტი |
| ლაკმუსი | pH < 4,5 წითელი | pH >8,3 ლურჯი | 5,0-8,0 იისფერი | 7,0 | 1,9 გ + 100 მლ გამოხდილი წყალი |
| მეთილ-წითელი | pH < 4 წითელი | pH >6,2 ყვითელი | 4,2-6,2 | 5,5 | 0,2 გ + 100 გ ეთილის სპირტი |
| თიმოლფტალეინი | უფერო | ლურჯი | 9,3-10,5 | 10 | 0,1 გ + 100 გ ეთილის სპირტი |
| თიმოლის ლურჯი | ყვითელი | ლურჯი | 8,0-9,6 | | |
| ფენოლის წითელი | ყვითელი | წითელი | 6,8-8,4 | | |

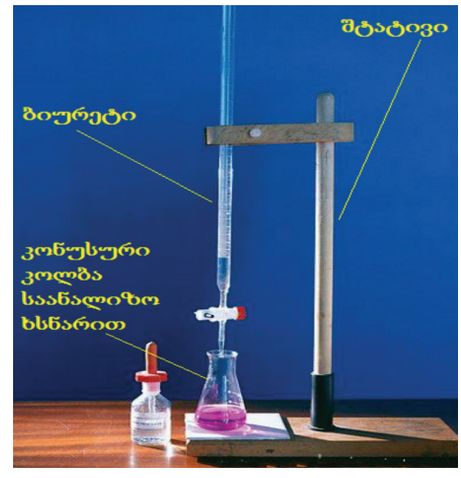



ინდიკატორების ფერის გადასვლა სხვადასხვა pH-ის დროს

ექვივალენტის წერტილის დამყარებისას ტიტრაციას წყვეტენ. ტიტრანტის დახარჯული მოცულობის და მისი კონცენტრაციის მიხედვით დაითვლიან ანალიზის შედეგებს.

მაგალითად, უნდა განისაზღვროს ნატრიუმის ტუტის შემცველობა მის ხსნარში. ამისთვის კონუსურ კოლბაში არწყავენ საანალიზო ხსნარის ზუსტ მოცულობას (მაგ., 10,00 მლ) და ბიურეტიდან უმატებენ მას ტიტრანტს - მარილმჟავას სამუშაო ტიტრიან ხსნარს.

დავუშვათ მარილმჟავას ტიტრი ტოლია 0,002303 გ/მლ-ის და ექვივალენტის წერტილის დამყარებამდე ის საანალიზო ხსნარს დაუმატეს 17,50 მლ-ის ოდენობით. რეაქციაზე დაიხარჯა $17,50 \cdot 0,002302 = 0,04029$ გ HCl. რეაქციის განტოლებიდან უკვე შეიძლება განისაზღვროს ხსნარში ნატრიუმის ტუტის რა რაოდენობას შეესაბამება მჟავას ეს რაოდენობა.




## მოცულობითი (ტიტრიმეტრული) ანალიზის მეთოდები

გამოყენებული ქიმიური რეაქციების ტიპის მიხედვით მოცულობითი ანალიზი შეიძლება დავყოთ სამ ჯგუფად:

1. *ნეიტრალიზაციის მეთოდი* - დაფუძნებულია ნეტრალიზაციის რეაქციაზე:

$H^+ + OH^- \leftrightarrow H_2O + 13,7$ კკალ

უფრო ზუსტად

$H_3O^+ + OH^- \leftrightarrow 2H_2O + 13,7$კკალ

ექვივალენტის წერტილს საზღვრავენ ინდიკატორის შეფერილობის ცვლილებით (ლაკმუსი, მეთილნარინჯი, ფენოლფტალეინი).

2. *დალექვის მეთოდი.* საანალიზო ელემენტის რეაგირებისას სამუშაო ტიტრიან ხსნართან, ის გამოიყოფა მცირედხსნადი ნაერთის სახით. ეს უკანასკნელი კი იწვევს სარეაქციო გარემოს ცვლილებას, რაც იძლევა ექვივალენტის წერტილის დადგენის საშუალებას.

3. *კომპლექსწარმოქმნის მეთოდი* აერთიანებს მოცულობით-ანალიზურ განსაზღვრებას, დაფუძნებულს მცირედიონიზებული კომპლექსური იონების წარმოქმნაზე. ამ მეთოდით შესაძლებელია ისეთი კათიონების ($Mg^{2+}$, $Ca^{2+}$, $Zn^{2+}$, $Hg^{2+}$, $Al^{3+}$) და ანიონების ($CN^{-}$, $F^{-}$, $Cl^{-}$) აღმოჩენა, რომლებსაც აქვთ კომპლექსწარმოქმნის უნარი.

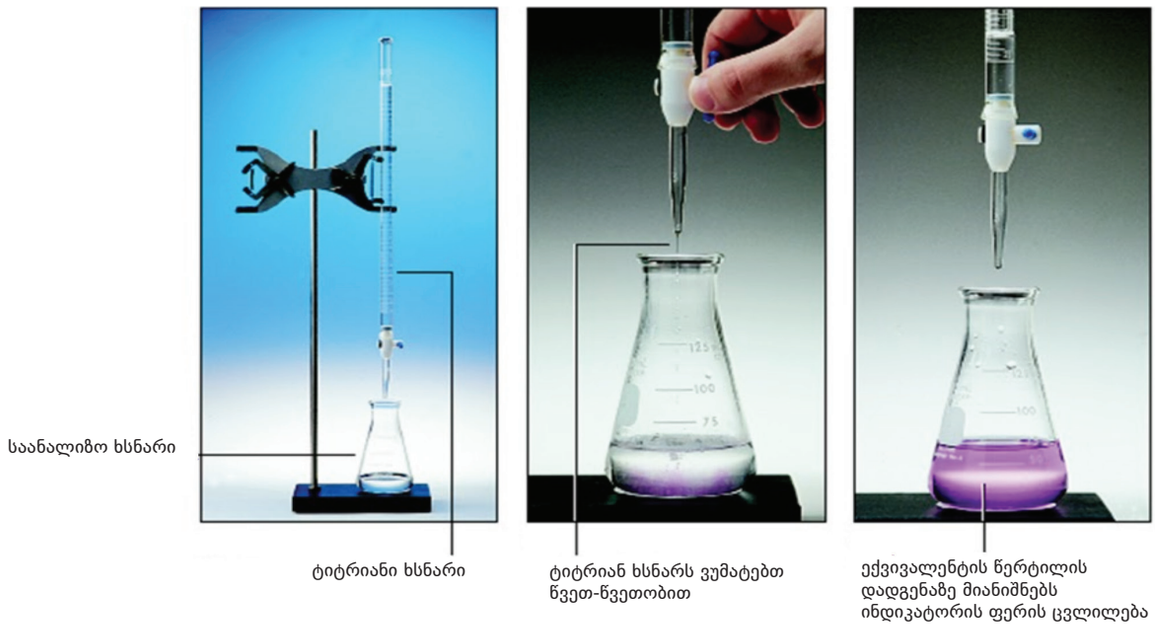
4. *ჟანგვა-აღდგენის მეთოდი (ოქსიდიმეტრია)* - მეთოდი დაფუძნებულია საანალიზო ნივთიერებებსა და სამუშაო ტიტრიან ხსნარებს შორის ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებზე. ზოგიერთი ოქსიდიმეტრული მეთოდის დასახელება იწარმოება ამ მეთოდში გამოყენებული სამუშაო ტიტრიანი ხსნარების სახელწოდებიდან: პერმანგანომეტრია, იოდომეტრია, ქრომატომეტრია და სხვა.

**რა მეთოდითაც არ უნდა ვატარებდეთ მოცულობით-საანალიზო განსაზღვრას, ყოველთვის აუცილებელია:**

**I. სამუშაო ტიტრიანი ხსნარი;**

**II. შესაფერისი ინდიკატორი;**

**III. მორეაგირე ნივთიერებების მოცულობის ზუსტი განსაზღვრა.**



როდესაც გატიტვრის დასრულებას ინდიკატორით ადგენენ, ასეთ პროცესს ინდიკატორული გატიტვრა ეწოდება. გატიტვრის დასრულების პროცესი შეიძლება განისაზღვროს სხვადასხვა გზით:

- პოტენციომეტრული გატიტვრა - აქ ინდიკატორი არის ელექტროდი, რომლის პოტენციალი დამოკიდებულია რეაქციაში მონაწილე ერთ-ერთი ნივთიერების კონცენტრაციაზე;
- ამპერიმეტრული გატიტვრა - როდესაც ელექტროლიზერში ათავსებენ ხსნარს, რომელსაც აქვს ვერცხლისწყლის წვეთური კათოდი და ვერცხლისწყლის დიდი ანოდი. ეს მეთოდი გამოიყენება კათიონების, ანიონების და ორგანული ნივთიერებების განსაზღვრისათვის და დამყარებულია გატიტვრის დროს ლითონის თავისუფალი კონცენტრაციის და დენის ძალის შემცირებაზე;
- კონდუქტომეტრული გატიტვრა - დამყარებულია გატიტვრის პროცესში ხსნარების ელექტროგამტარობის ცვლილებაზე;
- მაღალსიხშირული გატიტვრა - როცა გატიტვრის წერტილს არკვევენ მაღალი სიხშირის ცვლადი დენებით;
- ოპტიკური მეთოდი - რომელიც ემყარება გატიტვრის პროცესში სინათლის შთანთქმის გაზომვას.

გატიტვრის დროს ხელსაყრელია ნორმალური ხსნარებით სარგებლობა, რადგანაც ერთნაირი ნორმალობის ხსნარები რეაგირებენ ტოლი მოცულობებით. სხვადასხვა ნორმალობის დროს კი ხსნარები ერთმანეთს შორის რეაგირებენ მოცულობებით, რომლებიც უკუპროპორციულია მათი ნორმალობისა: $N1/N2=V2/V1$ სადაც, N და V - შესაბამისად ტუტისა და მჟავის ნორმალობები და მოცულობებია.

ტიტრიმეტრული ანუ მოცულობითი ანალიზის მთავარი პირობაა სამუშაო ხსნარის ზუსტი მოცულობის გაზომვა.

## სამუშაო ტიტრიანი ხსნარების კონცენტრაცია

მოცულობით ანალიზში ძირითადად გამოიყენება ნორმალური ხსნარები. ტიტრიანი ხსნარების დამზადება შესაძლებელია სხვადასხვა ხერხით. განასხვავებენ სამუშაო და სტანდარტულ ხსნარებს.

**სამუშაო ხსნარები.** ანალიზურ სასწორზე აწონილი ზუსტი წონაკი გადააქვთ განსაზღვრული ტევადობის მზომ კოლბაში, ხსნიან მას და ხსნარის მოცულობას წყლით ავსებენ ჭდემდე. ამ შემთხვევაში, ხსნარის ტიტრი ტოლია წონაკის მასა (G, გ) გაყოფილი კოლბის მოცულობაზე (V, მლ):

$$T = \frac{G}{V} \text{ გ/მლ}$$

ხსნარის ნორმალობის გამოსათვლელად (**N**), ხსნარის ტიტრი უნდა გავამრავლოთ 1000-ზე და გავყოთ გახსნილი ნივთიერების ექვივალენტზე:

$$N = \frac{T \cdot 1000}{Э}$$

მაგალითად, $Na_2CO_3$-ის წონაკი (0,5312 გ) გახსნეს 100 მლ ტევადობის მზომ კოლბაში, ასეთი ხსნარის ტიტრი ტოლია:

$$T = \frac{0,5312}{100} = 0,005312 \text{ გ/მლ},$$

ხოლო ხსნარის ნორმალობა ტოლია:

$$N = \frac{0,005312 \cdot 1000}{53,0}$$

ხსნარს, რომლის ტიტრსაც ადგენენ არა წონაკის მიხედვით, არამედ ამა თუ იმ საწყისი ნივთიერების მიმართ, სტანდარტული ხსნარი ეწოდება.

სტანდარტული ხსნარის დამზადება შეიძლება ფიქსანალითაც. ფიქსანალი არის მინის ამპულა, რომელშიც მოთავსებულია წინასწარ, ზუსტად აწონილი, ამა თუ იმ ნივთიერების გრამ-ექვივალენტის 10 ან 100 რაოდენობა.

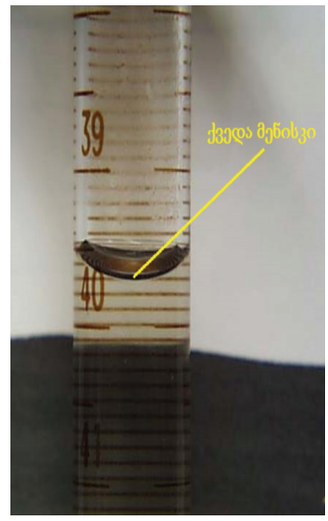
ლიტრიან საზომ კოლბაში ათავსებენ დიდი ზომის ძაბრს. სპეციალური ფიქსანალის გამტეხით ტეხენ ფიქსანალს და შიგ მყოფი ნივთიერება გადააქვთ უდანაკარგოდ. კოლბაში ამატებენ გამოხდილ წყალს, წრიულად ურევენ. შემდეგ გამოხდილი წყლით შეავსებენ ჭდემდე, უკეთებენ საცობს და ანჯღრევენ ათჯერ.

**შენიშვნა:** *როდესაც ტიტრიანი ხსნარი შესანახად გადააქვთ ჭურჭელში, არ იყენებენ მოცულობის საზომ ხელსაწყოს - ბიურეტს ან პიპეტს. ცდების დაწყებამდე ჭურჭელს აუცილებლად სამჯერ გამოავლებენ მცირეოდენ ტიტრიან ხსნარს.*

*ხსნარების მოცულობის გასაზომი ერთეულია ლიტრი. ლიტრი არის 1 კგ სუფთა გამოხდილი წყლის მოცულობა მისი უდიდესი სიმკვრივისა (3,4°C) და ნორმ. ატმ. წნევისას. ლიტრის მეათასედს ეწოდება მილილიტრი და აღინიშნება მლ.*

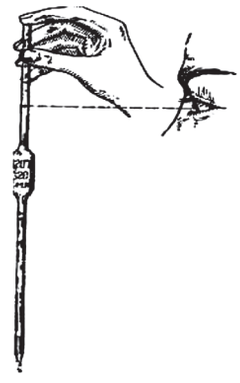
**მოცულობითი ანალიზის ჩასატარებლად საჭირო ქიმიური ჭურჭელი და ხელსაწყოები:**

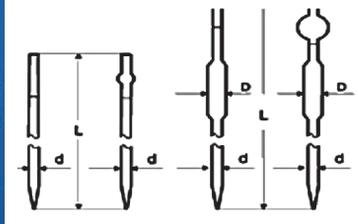
ბიურეტები




საზომი კოლბები

მენზურები






მორის პიპეტი

**საზომ კოლბებს** იყენებენ ზუსტი კონცენტრაციის მქონე ხსნარების ანუ ტიტრიანი ხსნარების მოსამზადებლად. საზომი კოლბა შეიძლება იყოს 1ლ, 500 მლ, 300, 200 და 100 მლ ტევადობის.

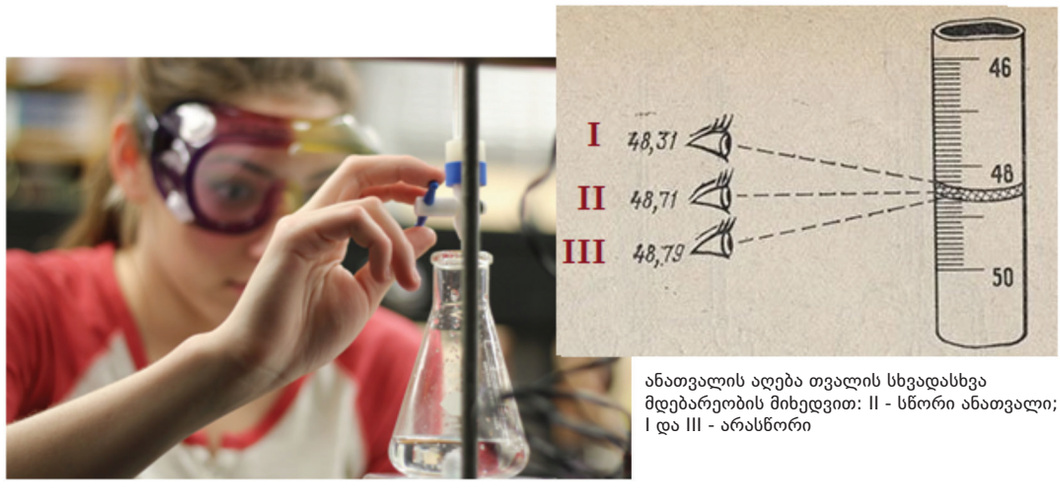
**ბიურეტი** არის გრძელი, გრადუირებული, ონკანიანი მინის მილი. იგი წარმოადგენს მოცულობის გამზომ მოწყობილობას, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია სითხის მოცულობის განსაზღვრა დიდი სიზუსტით. ბიურეტი გამოიყენება ტიტრაციის პროცესში. ბიურეტები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ტევადობის, დიამეტრის, სიგრძის და ჩამკეტი სისტემის მიხედვით. ტევადობის მიხედვით შეიძლება შეგვხვდეს 1 მლ-დან 100 მლ-მდე ბიურეტები.

ტიტვრა ნიშნავს სამუშაო ხსნარის წვეთობით მიმატებას. ბიურეტი შესაძლებლობას გვაძლევს გავზომოთ დახარჯული წვეთების რაოდენობა. ბიურეტი ორი ტიპისაა - მინის ონკანიანი და მინის ონკანიანი კაუჩუკის დაბოლოებით 50, 25 და 10 მლ მოცულობის. უფრო მცირე მოცულობის ბიურეტებს, მიკრობიურეტებს უწოდებენ.

გამოყენებამდე ბიურეტი უნდა გაირეცხოს, შემდეგ ბიურეტს 2-3-ჯერ გამოავლებენ ხსნარს, რომლითაც უნდა მოხდეს გატიტვრა.

ძაბრის საშუალებით ბიურეტს ავსებენ ხსნარით ნულოვანი დანაყოფის ზემოთ. მოხსნიან ძაბრს, ხსნარის ჭარბ რაოდენობას მოაცილებენ. ხსნარის ქვედა მენისკს ამთხვევენ ნულოვან დანაყოფს. ტიტრაციაზე დახარჯული ხსნარის მოცულობას საზღვრავენ მენისკის მდებარეობის მიხედვით. მოცულობის ანათვალს იღებენ მილილიტრის მეათასედის სიზუსტით.

ანათვლის აღებას ართულებს ის, რომ სითხეს ბიურეტში აქვს ჩაღრმავებული მენისკი. ამიტომ, **ანათვლის აღებისას თვალი უნდა იმყოფებოდეს ზუსტად სითხის დონეზე.** სხვა შემთხვევაში ანათვალი იქნება აღებული შეცდომით.



ანათვალის აღება თვალის სხვადასხვა მდებარეობის მიხედვით: II - სწორი ანათვალი; I და III - არასწორი

დაუშვებელია, ტიტრაციაზე დახარჯული ხსნარის მოცულობა აღემატებოდეს ბიურეტის მოცულობას და საჭიროებდეს მის ხელმეორედ შევსებას!

თუ ტიტრაციის პროცესში დაიხარჯა ხსნარის მცირე ან ჭარბი რაოდენობა, უნდა შეირჩეს საანალიზო ხსნარის სხვა მოცულობა. ტიტრაციაზე გახარჯული ხსნარის რაოდენობა უნდა შეადგენდეს ბიურეტის საერთო მოცულობის 2/3-ს.

**პიპეტები** მინის პატარა მილებია წამახვილებული ბოლოთი. პიპეტები შეიძლება იყოს გრადუირებული ან მის გარეშე. პიპეტში ნივთიერების ამოღება

ხდება რეზინის ბუშტის საშუალებით. სითხის ამოსაწოვად არსებობს პიპეტები ავტომატიზებული მოწყობილობით.

პიპეტის დანიშნულებაა ზუსტი მოცულობის ხსნარის ამოღება და გადატანა მცირე ჭურჭელში. პიპეტი არსებობს 2 ტიპის: ცილინდრული დანაყოფიანი და ჩვეულებრივი. მათი მოცულობები 50, 100, 200, 25, 20, 15 და 10 მლ. უფრო მცირე პიპეტებს, მიკროპიპეტებს უწოდებენ.

**პიპეტით პირით ამოწოვის შემთხვევაში თავიდან უნდა ავიცილოთ სითხის პირის ღრუში მოხვედრა!**

გამოყენებამდე პიპეტებს რეცხავენ, გამოავლებენ გამოხდილ წყალს და აუცილებლად გამოავლებენ იმავე ხსნარს, რომლის არწყვაც უნდო მოხდეს! სხვა შემთხვევაში პიპეტის კედლებზე შერჩენილი წყალი ტიტრაციისთვის გამოსაყენებელ ხსნარს შეუცვლის კონცენტრაციას.

ტიტრიანი ხსნარი პიპეტით გადააქვთ კოლბაში, უჭირავთ ვერტიკალურად კოლბის კედელზე მიბჯენით. ზედა ნახვრეტს აუშვებენ თითს და აცდიან სითხის კოლბაში ჩაღვრას. აყოვნებენ 15 წამის განმავლობაში და პიპეტს ამოიღებენ კოლბიდან.

**საზომი ცილინდრები და მენზურები** - ამ ჭურჭლით ზუსტი მოცულობის გაზომვა არ შეიძლება და იყენებენ პროცენტული ხსნარების მოსამზადებლად, ხსნარების განზავებისთვის, ხსნარების კუთრი წონის დასადგენად.

ზემოთჩამოთვლილ ყველა ჭურჭელს აქვს დანაყოფი და ჭდე.

## გამოთვლები მოცულობით ანალიზში

ხსნარის ნორმალობა შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც მოცემული ხსნარის ტიტრის შეფარდება ერთნორმალური ტიტრის ხსნარის მიმართ:

$$N = \frac{T_{\text{ხსნარი}}}{T_{1N\,\text{ხსნარი}}}$$

პირიქით, თუ ვიცით ხსნარის ნორმალობა, ადვილია მისი ტიტრის გამოთვლაც ფორმულით:

$$T = NT_{1N\ \text{ხსნარის}}$$

მაგალითად, თუ სოდის $Na_2CO_3$-ის დამზადებული ხსნარის ტიტრი ტოლია 0,005312 გ/მლ, ხოლო 1N სოდის ხსნარის ტიტრი შეადგენს 53,0 : 1000 = 0,05300 გ/მლ. მაშინ

$$N_{ხხნ} = \frac{0,005312}{0,05300} = 0,1002$$

$T_{ხნს}$ = 0,1002 · 0,05300 = 0,005312 გ/მლ

**განსხვავება გრავიმეტრულ და ტიტრიმეტრულ ანალიზს შორის.** ერთი და იმავე ნივთიერების საანალიზოდ ერთსა და იმავე მოცულობაში, შესაძლებელია სხვადასხვა მეთოდის გამოყენება (როგორც გრავიმეტრულის, ასევე ტიტრიმეტრულის).

| გრავიმეტრული ანალიზი | ტიტრიმეტრული ანალიზი |
|---|---|
| გრავიმეტრულ ანალიზს საფუძლად უდევს მასის ზუსტი განსაზღვრა | ტიტრიმეტრულს - მოცულობის განსაზღვრა |
| საზღვრავენ საანალიზო ნივთიერების ან მისი მცირედხსნადი ნალექის მასას | საზღვრავენ რეაქტივის მოცულობას, რომელიც დაიხარჯა საანალიზო ნივთიერებასთან რეაქციაში |
| გამოიყენება ძირითადი საწყისი რეაქტივების ხსნარები მიახლოებითი კონცენტრაციით | გამოიყენება ზუსტი კონცენტრაციის ხსნარები |
| რეაქტივების ხსნარებს საანალიზო ხსნარს უმატებენ ჭარბი რაოდენობით | რეაქტივების ხსნარებს ამატებენ მკაცრი ექვივალენტური რაოდენობით |
| არ აქვს პრინციპული მნიშვნელობა ექვივალენტობის მომენტის დადგომას | მნიშვნელოვანია ექვივალენტის წერტილის დაფიქსირება, რომელსაც საზღვრავენ ინდიკატორით, ან რომელიმე სხვა მეთოდით |
| დიდი დრო სჭირდება ნივთიერების დალექვის, დეკანტაციის, ფილტრაციის, ნალექის ჩარეცხვის, აწონის და ა.შ. ოპერაციებს | ყველა ოპერაცია გაცილებით სწრაფად ხორციელდება |
| განსაზღვრა შესაძლოა გაგრძელდეს 2 სთ-და 24 სთ-მდე | განსაზღვრა გრძელდება რამდენიმე წუთიდან 1 სთ-მდე |
| ხასიათდება მაღალი სიზუსტით 0,01...0,005%-მდე | ნაკლებად ზუსტია 0,1...0,05 %-მდე |

## წყლის იონური მაჩვენებელი

სუფთა წყალში 25ºC-ზე წყალბადის და ჰიდროქსილის იონების კონცენტრაცია ერთნაირია. იგი ტოლია $10^{-7}$ მოლ/ლ, ე.ი. წყლის იონური ნამრავლი მუდმივი სიდიდეა.

$$H_2O \leftrightarrow [H^+][OH^-] = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14} \text{ მოლ/ლ}$$

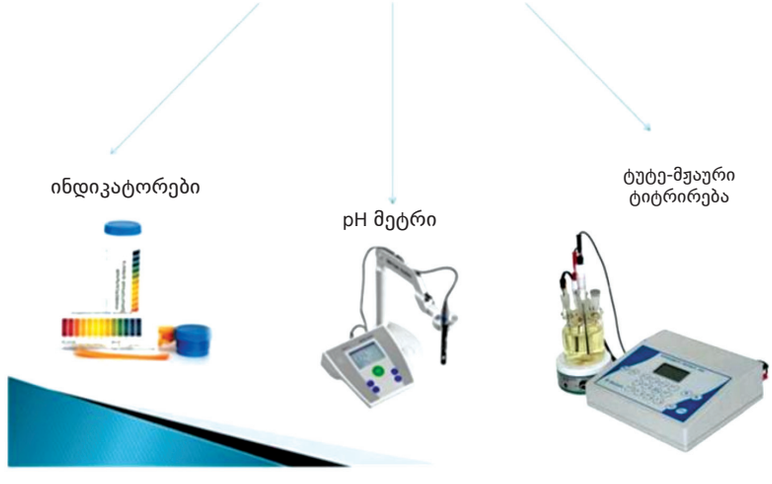
როდესაც $[H^+]$ და $[OH^-]$ იონების კონცენტრაცია ერთნაირია, მაშინ ხსნარი არის ნეიტრალური. თუ წყალს დავუმატებთ მჟავას, გაიზრდება წყალბადის იონების კონცენტრაცია, შესაბამისად შემცირდება ჰიდროქსილის $[OH^-]$ იონების კონცენტრაცია და პირიქით. იმისთვის, რომ უფრო მოხერხებული იყოს სარეაქციო არის განსაზღვრა, წყალბადის იონების კონცენტრაციის ნაცვლად შემოღებულია მისი კონცენტრაციის შებრუნებული ლოგარითმი. მას ეწოდება წყალბადური მაჩვენებელი (pH)

$$\mathbf{pH} = -\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{lg}\,[\mathbf{H}^*]}$$

ხსნარის წყალბადმაჩვენებელი (pH) იცვლება 1-დან 14-მდე. თუ ხსნარში H+ იონების კონცენტრაცია ტოლია $OH^-$ იონების კონცენტრაციისა, მაშინ ხსნარი ნეიტრალურია და მისი pH=7. თუ pH=1÷7, მაშინ ხსნარში ჭარბობს H+ იონები და მას აქვს მჟავე რეაქცია. ამასთან, რაც უფრო მცირეა pH-ის მნიშვნელობა, მით უფრო მაღალია ხსნარის მჟავიანობა. თუ pH=7÷14, ხსნარში ჭარბობს $OH^-$ იონები და მას აქვს ტუტე რეაქცია.

სარეაქციო არის გარემო განისაზღვრება სხვადასხვა ინდიკატორების საშუალებით, pH-მეტრით, გატიტვრით. ყველაზე მეტად გამოიყენება მჟაურობის და ფუძიანობის განმსაზღვრელ ინდიკატორებს.

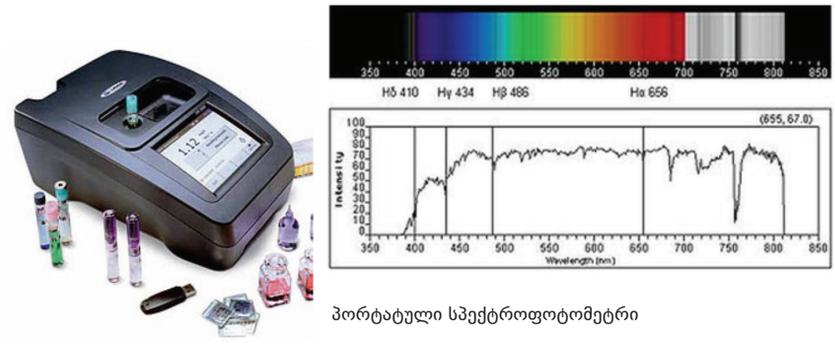
**pH-ის განსაზღვრის მეთოდები**



## ანალიზის ფიზიკური მეთოდები

**ანალიზის ფიზიკური მეთოდები** ეფუძნება გარკვეულ დამოკიდებულებას ნივთიერების ფიზიკურ თვისებებსა და მის ქიმიურ შედგენილობას შორის. დიდი მნიშვნელობა აქვს ოპტიკურ მეთოდებს: *სპექტრული ანალიზი, რეფრაქტომეტრული ანალიზი* და *ფლუორესცენცია.*

**სპექტრული ანალიზისას** ამა თუ იმ ელემენტის არსებობას ადგენენ სპექტრში მისთვის დამახასიათებელი ზოლების არსებობით, ხოლო ელემენტი რაოდენობრივად განისაზღვრება ამ ზოლების ინტენსივობაზე დაკვირვებით. სპექტრული ანალიზი გამოირჩევა მაღალი მგრძნობელობით და შესრულების სისწრაფით. ის იძლევა საშუალებას ჩატარდეს ნივთიერების ძალიან მცირე რაოდენობის ანალიზი და აღმოაჩინონ ისეთი ელემენტი, რომლის შემცველობა არ აღემატება $10^{-6}$ - $10^{-8}$ გ-ს.



პორტატული სპექტროფოტომეტრი

**ფლუორესცენტული ანალიზი** იყენებს საკვლევი ობიექტის ნათებას, რომელიც წარმოიქმნება ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებით. ყველა ნივთიერება არ განიცდის ლუმინესცენციას, მაგრამ საგანგებო რეაქტივებით დამუშავებისას ლუმინესცენცია აღენიშნება ბევრ ნივთიერებას. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა აღმოვაჩინოთ ლუმინესცირებული მინარევები $10^{-10}$-$10^{13}$ გ რაოდენობით. ფლუორესცენტული ანალიზი გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში, მედიცინაში, კვების და ფარმაცევტულ წარმოებაში.

**რეფრაქტომეტრული ანალიზი** ეფუძნება დამოკიდებულებას გარდატეხის მაჩვენებელს, გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაციასა და მის მოლეკულურ აგებულებას შორის. გარდატეხის მაჩვენებლის მიხედვით შესაძლებელია განისაზღვროს ნივთიერების ქიმიური ბუნება, მისი კონცენტრაცია (ხსნარში) და საანალიზო მასალის სისუფთავის ხარისხი.

გარდა ოპტიკურისა, ანალიზის ფიზიკური კვლევის თანამედროვე მეთოდებს მიეკუთვნება მთელი რიგი სხვა მეთოდებიც.

**რადიომეტრული ანალიზი** ეფუძნება ამა თუ იმ ელემენტის რადიოაქტიური გამოსხივების გაზომვას. ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება აგრო- და ბიოქიმიურ კვლევებში.

**რენტგენოსტრუქტურული ანალიზისას** რენტგენის სხივები გამოიყენება ნივთიერების აგებულების შესასწავლად.

## ანალიზის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები

ანალიზის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები ეფუძნება დაკვირვებას იმ ფიზიკურ მოვლენებზე, რომლებიც მიმდინარეობს ქიმიური გარდაქმნების დროს.

*კოლორიმეტრული* ანალიზის მეთოდის დროს ერთმანეთს ადარებენ საკვლევი და სტანდარტული ხსნარების შეფერილობის ინტენსივობას;

*კონდუქტომეტრია* - საზღვრავს ელექტროგამტარობას იმ ხსნარისას, რომელშიც მიმდინარეობს რეაქციები.

*პოტენციომეტრული* ანალიზისას საზღვრავენ პოტენციალს იმ ელექტროდისას, რომელიც ჩაშვებულია საკვლევ ხსნარში.

*პოლაროგრაფული* მეთოდი საზღვრავს დენის ძალის ცვლილებას ძაბვის ზრდასთან ერთად საკვლევის ხსნარის ელექტროლიზისას სპეციალური ხელსაწყოს - პოლაროგრაფის საშუალებით.

*აგრობიოლოგიურ* კვლევებში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ქრომატოგრაფიულ მეთოდებს. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა ნარევი დავყოთ ცალკეულ კომპონენტებად, გავზარდოთ ხსნარში ამა თუ იმ კომპონენტის კონცენტრაცია. ქრომატოგრაფია - დაფუძნებულია არჩევითი ადსორბციის და ადსორბენტიან სვეტში იონების მოძრაობის სხვადასხვა სიჩქარეზე. თუ ადსორბენტი უფერულია, ხოლო ადსორბირებული ნივთიერების იონები შეფერილი, მაშინ საქმე გვაქვს ფერად ქრომატოგრაფიასთან ($Cu^{2+}$ - ლურჯი, $Co^{2+}$ - ვარდისფერი)

არსებობს ნივთიერებების (ან იონების) ე.წ. ფაზური დაყოფის მეთოდები. გარდა ქრომატოგრაფიისა, მათ შეიძლება მივაკუთნოთ დალექვის ან თანადალექვის (ეფუძნება წონასწორობას მყარ და თხევად ფაზებს შორის) მეთოდები, ორგანული გამხსნელებით ექსტრაქციის (ეფუძნება წონასწორობას თხევად ფაზებს შორის) მეთოდი.

## ანალიზის მეთოდები წონაკის მასის მიხედვით

საკვლევი ნივთიერების მასის ან ხსნარის მოცულობის მიხედვით განასხვავებენ: მაკრო-, ნახევრად მაკრო-, მიკრო- და სხვა. ანალიზის მეთოდებს.

ანალიზის მეთოდების კლასიფიკაცია სინჯის ზომების მიხედვით:

| ანალიზის მეთოდები | მასა, გრ | მოცულობა, მლ | შესრულების მეთოდიკა |
|---|---|---|---|
| მაკროანალიზი | 1–10 | 10–100 | რეაქციას ატარებენ ქიმიურ ჭიქებში ან სინჯარებში. წარმოქმნილ ნალექს ხსნარს აცილებენ გაფილტვრით. |
| ნახევრადმიკროანალიზი | 0,05–0,5 | 1–10 | ნალექს აცილებენ ცენტრიფიგურებით |
| მიკროანალიზი | $10^{-3}$–$10^{-6}$ | $10^{-1}$–$10^{-4}$ | იყენებენ მიკროკრისტალოსკოპურ რეაქციებს |
| ულტრამიკროანალიზი | $10^{-6}$–$10^{-9}$ | $10^{-7}$–$10^{-10}$ | იყენებენ სპეციალური ფორმის კაპილარულ მიკრო ჭურჭლებს. პროცესს ატარებენ მიკროსკოპში. |
| სუბმიკროანალიზი | $10^{-9}$–$10^{-12}$ | $10^{-7}$–$10^{-10}$ | საჭიროებს სპეციალურ ხელსაწყოებს |

**პრაქტიკული დავალება:**

1. სინჯის მომზადება ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ანალიზების ჩასატარებლად
2. ხარისხობრივი ანალიზის ჩატარება - წყალში ქლორიდების განსაზღვრა, წყალში სულფატების განსაზღვრა, თევზში ამონიუმის და გოგირდწყალბადის განსაზღვრა ებერის მეთოდით
3. რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარება

   ა) გრავიმეტრული ანალიზის ჩატარება - წყალში მშრალი ნაშთის განსაზღვრა, თევზში ტენიანობის განსაზღვრა, თევზში ცხიმიანობის განსაზღვრა, ტენიანობის და ცხიმიანობის განსაზღვრა საკვებში;

   ბ) ტიტრიმეტრული ანალიზის ჩატარება - ნატრიუმის ქლორიდის განსაზღვრა წყალში, TVB-N-ის განსაზღვრა თევზში, ნატრიუმის ქლორიდის განსაზღვრა თევზში

თავი 6

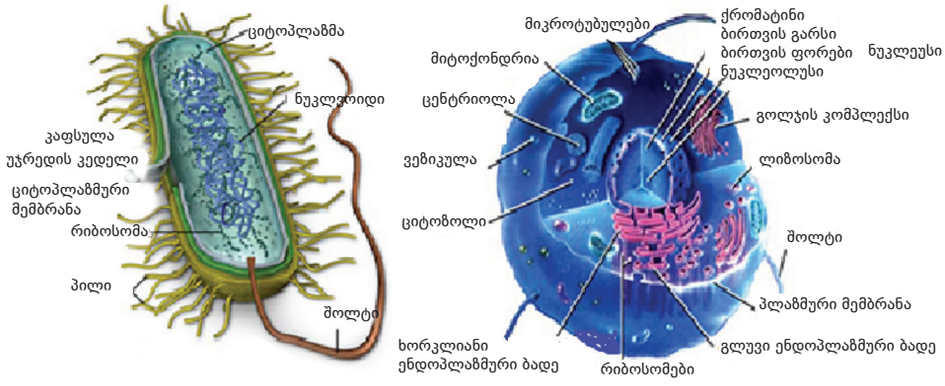
# თევზის/ზღვის პროდუქტების და თევზის საარსებო გარემოს მიკრობიოლოგიური ანალიზების ჩატარება

## მიკროორგანიზმების კლასიფიკაცია და თვისებები

მიკრობიოლოგია არის მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის იმ ცოცხალ ორგანიზმებს, რომელთა დანახვაც შეუძლებელია შეუიარაღებელი თვალით, ეს გულისხმობს, რომ მათი ზომა მერყეობს რამდენიმე მკმ-დან რამდენიმე ათეულ მკმ-მდე.

მიკროორგანიზმები იყოფიან პროკარიოტებად ანუ ბაქტერიებად და პროტისტებად ანუ ეუკარიოტებად. პროკარიოტებს არ გააჩნიათ დიფერენცირებული ბირთვი, მათი დნმ-ის მოლეკულა თავისუფლად მდებარეობს ციტოპლაზმაში და მას უწოდებენ ნუკლეოიდს, ხოლო პროტისტების უჯრედის სტრუქტურა ცხოველური და მცენარეული უჯრედის ანალოგიურია. მათი დნმ შემოსაზღვრულია ბირთვის გარსით, ციტოპლაზმაში კი არის მთელი რიგი სტრუქტურები ანუ ორგანელები, რომლებიც სპეციალურ ფუნქციებს ასრულებენ.

ტიპიური პროკარიოტული და ეუკარიოტული უჯრედები ნაჩვენებია.




**პროკარიოტი უჯრედი (ბაქტერია)**

**ევკარიოტი უჯრედი (უმარტივესები, სოკოები, ცხოველები, მცენარეები)**

ტიპიური ბაქტერიული უჯრედი (მარცხნივ) და ევკარიოტული უჯრედი (მარჯვნივ). სურათიდან კარგად ჩანს განსხვავება პრო და ევკარიოტულ უჯრედებს შორის, კერძოდ, ევკარიოტულ უჯრედებში ბირთვის გარსი, ხოლო პროკარიოტულში მისი არ არსებობა. ასევე, ბაქტერიულ უჯრედს გააჩნია წვრილი წამწამოვანი გამონაზარდები (პილები) და ბევრ სახეობას უფრო მსხვილი წარმონაქმნი - შოლტი (ერთი ან რამდენიმე), რომელთა საშუალებით ბაქტერია მოძრაობს.

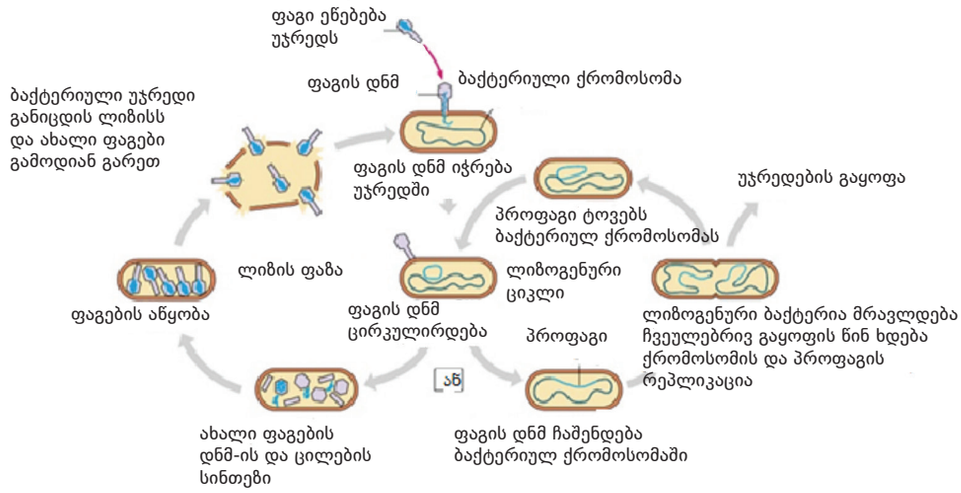
ბაქტერიებისა და პროტისტების გარდა მიკროორგანიზმებს მიეკუთვნება ვირუსები. მათ აქვთ მხოლოდ ნუკლეოკაფსიდი, რომელიც შეიცავს ვირუსის გენომს დნმ-ს ან რნმ-ს, რომლებიც არიან გენეტიკური ინფორმაციის მატარებლები. ვირუსებს არ გააჩნიათ საკუთარი მეტაბოლიზმი, მაგრამ შეუძლიათ მასპინძლის უჯრედის ინფიცირება და მათი მეტაბოლიზმის მიმართვა ახალი ვირუსული ნაწილაკების სინთეზისათვის.

მცენარეულ, ცხოველურ და ბაქტერიულ უჯრედებს აინფიცირებენ მათთვის სპეციფიკური ვირუსები. ამგვარად, ვირუსების სასიცოცხლო ციკლიდან გამომდინარე

მათი ასოცირება ხდება ადამიანების, ცხოველებისა და მცენარეების სხვადასხვა დაავადებასთან.

ვირუსების შესწავლა მოითხოვს კვლევის სპეციალურ მეთოდებს, რომელთა ჩატარება შეუძლებელია სტანდარტულ მიკრობიოლოგიურ ლაბორატორიაში. გამონაკლისს წარმოადგენს ბაქტერიის ვირუსების ანუ ბაქტერიოფაგების კვლევა. ბაქტერიოფაგის სასიცოცხლო ციკლი წამოდგენილია:

**ფაგის სასიცოცხლო ციკლი**




ბაქტერიოფაგის სასიცოცხლო ციკლი. ფაგის ნუკლეოკაფსიდი ეწებება ბაქტერიული უჯრედის ზედაპირს, მისი ნუკლეინის მჟავა იჭრება უჯრედში და იწყებს ახალი ფაგების სინთეზს უჯრედის მეტაბოლიზმის ხარჯზე. I ლიზისის ფაზაში უჯრედი დაპროგრამირებულია ახალი ფაგების სინთეზზე, რომლებიც გამოდიან უჯრედის კედლის დარღვევის შედეგად (ლიზისის ციკლი). ზოგჯერ ფაგის დნმ ინტეგრირდება ბაქტერიის დნმ-ში (ლიზოგენური ციკლი). ამ შემთხვევაში ფაგი ხდება „მდუმარე" და არ იწვევს უჯრედის კვდომას, მანამ, სანამ რაიმე ფაქტორი არ გააქტივებს მას. ამგვარი „მდუმარე" პროფაგი გვხვდება ბევრ ბაქტერიაში.

## ბაქტერია

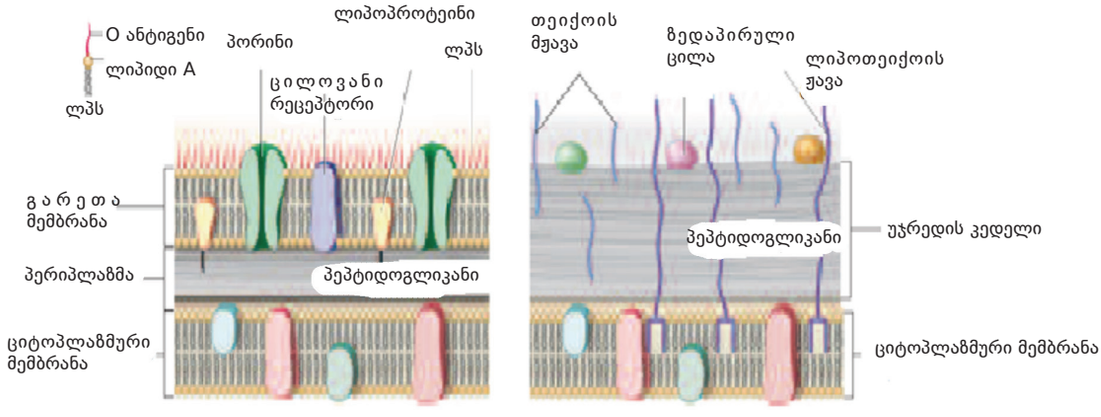
ტიპური ბაქტერიის ზომაა 1 – 5 მკმ, ხოლო ფორმა შეიძლება იყოს მრგვალი (კოკები) ან ჩხირისებრი.

მიუხედავად ბაქტერიების მრავალფეროვნებისა, კვებით მიკრობიოლოგიაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს პროტეობაქტერიებს, ფირმიკუტებს და აქტინობაქტერიებს (Proteobacteria, Firmicutes and Actinobacteria). ბაქტერიების ეს ჯგუფები მეტაბოლურად ძალიან მრავალფეროვანია, თუმცა პროტეობაქტერიები განსხვავდება ფირმიკუტებისა და აქტინობაქტერიებისაგან უჯრედის კედლის სტრუქტურით, რაც ვლინდება მათი გრამის წესით შეღებვისას, კერძოდ პროტეობაქტერიები გრამ-დადებითია, ხოლო ეს ორი უკანასკნელი გრამ-უარყოფითი.

გრამ-უარყოფითი ბაქტერიების უჯრედის კედელი მრავალშრიანია და შედგება გარეთა მემბრანისა და მურეინის შრისგან, რომელსაც პერიპლაზმურ სივრცესაც უწოდებენ. მურეინი ანუ პეპტიდოგლიკანი პოლიმერია, რომელიც ქიმიურად წარმოადგენს

ქიტინს და არის ბაქტერიული უჯრედის კედლის ტიპიური შემადგენელი ნივთიერება.

გრამ-დადებით ბაქტერიებში მურეინის შრე ბევრად სქელია და უშუალოდ ემიჯნება უჯრედის მემბრანას გარედან - აქ არ  არის წარმოდგენილი გარეთა მემბრანა. გრამ-დადებითი და გრამ-უარყოფითი უჯრედების სტრუქტურა მოცემულია სურათზე.




**გრამ- ბაქტერიის უჯრედის კედელი**

**გრამ + ბაქტერიის უჯრედის კედელი**

გრამ-უარყოფითი (მარცხნივ) და გრამ-დადებითი (მარჯვნივ) ბაქტერიების უჯრედის კედლის სტრუქტურა. აღსანიშნავია, რომ სქელი პეპტიდოგლიკანი (მურეინი) დამახასიათებელია გრამ-დადებითი ბაქტერიებისათვის.

ფირმიკუტები და აქტინობაქტერიები ერთმანეთისგან დნმ-ით განსხვავდება. როგორც ცნობილია, დნმ-ის შემადგენელი ნუკლეოტიდებია: ადენინი, თიმინი, გუანინი, ციტოზინი. აქტინობაქტერიებში გუანინისა და ციტოზინის შემცველობა უფრო მაღალია, ვიდრე ფირმიკუტებში.ზოგიერთი ბაქტერია, როგორებიცაა Bacillus-ის და Clostridium-ის გვარის წარმომადგენლები, წარმოქმნიან ენდოსპორებს, ანუ მაღალი ტემპერატურისადმი გამძლე ფორმებს.

## ბაქტერიების ზრდის პირობები

ბაქტერიათა ზრდის შემზღუდველ გარემო ფაქტორებს  მიეკუთვნება: ტემპერატურა, pH და წყლის აქტივობა ($a_w$). ბაქტერიათა უმეტესობა მეზოფილია, ეს იმას ნიშნავს, რომ მათ შეუძლიათ ზრდა და გამრავლება 25–40°C-ზე. ზოგიერთი სახეობა ტოლერანტულია 50°C და უფრო მაღალი ტემპერატურისადმი - თერმოფილები. ხოლო ფსიქროფილები საჭიროებენ დაბალ ტემპერატურას (2–20°C). მრავალი ბაქტერია, რომლებიც ასოცირებულნი არიან წყლის გარემოსთან და თევზთან არის ფსიქროფილი.

ბაქტერიების უმრავლესობის ზრდისათვის საჭიროა ნეიტრალური pH (6–7), მაგრამ ზოგიერთი მათგანისათვის უფრო დაბალი pH - 4-დან 5-მდე, და კიდევ უფრო ნაკლებიც, სხვებისათვის კი pH>8.

### ბაქტერიების მეტაბოლიზმი

ბაქტერიები იყენებენ შაქრებს, ცილებსა და ლიპიდებს, როგორც ენერგიის წყაროს. მათი გამოყენება (ათვისება) შესაძლებელია ჟანგბადის არსებობისას. ამ შემთხვევაში იგულისხმება აერობულ ბაქტერიები. მრავალი ბაქტერიისთვის ენერგიის უტილიზაცია ხდება ანაერობულ (უჟანგბადო) პირობებში - ამ პროცესს ფერმენტაცია ეწოდება. მაშინ, როდესაც სუნთქვითი მეტაბოლიზმის საბოლოო პროდუქტები წყალი და ნახშირორჟანგია, ფერმენტაციული მეტაბოლიზმის საბოლოო პროდუქტებია სხვადასხვა ორგანული მჟავა და ალკოჰოლი.

თუკი ბაქტერიას შეუძლია მეტაბოლიზმის განხორციელება, როგორც აერობულ, ასევე ანაერობულ პირობებში, მას ეწოდება ფაკულტატური ანაერობი. ორგანიზმებს, რომლებიც ახორციელებენ მეტაბოლიზმს მხოლოდ აერობულ პირობებში ეწოდებათ ობლიგატური (მკაცრი) აერობები, ხოლო ობლიგატური ანაერობებისათვის დამახასიათებელია ფერმენტაციული მეტაბოლიზმი და ისინი არ საჭიროებენ ჟანგბადს.

მიკროაეროფილური ბაქტერიები ფერმენტაციული ორგანიზმებია, რომლებიც ჟანგბადს მცირე რაოდენობით საჭიროებენ.

ჩვეულებრივ, სუნთქვითი მეტაბოლიზმი ენერგეტიკულად უფრო მისაღები გზაა, ვიდრე ფერმენტაციული, რაც იმას ნიშნავს, რომ ფერმენტაციული ბაქტერიები ცხოვრობენ საკვებით მდიდარ გარემოში (პროდუქტები, ლპობადი მცენარეული და ცხოველური მასალა და სხვა).

გარდა მათი სტრუქტურული კომპონენტებისა, ბაქტერიები, აგრეთვე, ასინთეზებენ სხვადასხვა ქიმიურ ნივთიერებებს: პიგმენტებს, აქროლად ნივთიერებებს, ტოქსინებს, ანტიბიოტიკებს და ფერმენტებს. ამგვარად, ისინი ფართოდ გამოყენებიან ბიოტექნოლოგიაში.

ზოგიერთი ბაქტერიების ჯგუფები/სახეობები, რომელთა მნიშვნელობაც დიდია კვებით მიკრობიოლოგიაში, მოცემულია ქვედა ხრილში.

**მთელ რიგ საკვებ პროდუქტებში მნიშვნელოვანი პრობლემების გამომწვევი ბაქტერიების ზოგადი დახასიათება**

| ბაქტერიის ჯგუფი | სახეობა | შეღებვა გრამის წესით | ენდოს-პორა | უჯრედის ფორმა | ენერგეტიკული მეტაბოლიზმი | | მეტაბოლიზმის ტიპი |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | სუნთქვა | ფერმენ-ტაცია | |
| Proteobac-teria | *Escherich-ia coli* | - | - | ჩხირი-სებრი | + | + | ფაკულტატური ანაერობი |
| | *Salmonella enterica* | - | - | | + | + | ფაკულტატური ანაერობი |
| | *Pseudo-monas aeruginosa* | - | - | | + | - | ობლიგატური აერობი |
| | *Campy-lobacter jejuni* | - | - | ჩხირისებრი | - | + | მიკროაე-როფილი[1] |
| Firmicutes | *Bacillus cereus* | + | + | ჩხირისებრი | + | + | ფაკულტატური ანაერობი |
| | *Clostridi-um botuli-num* | + | + | ჩხირისებრი | - | + | ობლიგატური ანაერობი[2] |
| | *Entero-coccus faecalis* | + | - | კოკი | - | + | მიკროაე-როფილი |
| | *Listeria monocyto-genes* | + | - | ჩხირისებრი | + | + | ფაკულტატური ანაერობი |
| Actinobac-teria | *Staphy-lococcus aureus* | + | - | კოკი | + | + | ფაკულტატური ანაერობი |
| | *Propioni-bacterium freudenrei-chii** | + | - | ჩხირისებრი | ±[3] | + | ფაკულტატური ანერობი |

[1]მიკროაეროფილებს აქვთ ფერმენტაციული მეტაბოლიზმი, მაგრამ არიან ტოლერანტულები ჟანგბადისადმი.
[2]ობლიგატური ანაერობებს არ აქვთ ჟანგბადისადმი ტოლერანტობა;3± = უპირატესად ახასიათებთ ფერმენტაციული მეტაბოლიზმი, თუმცა შესაძლებელია განახორციელონ სუნთქვითი მეტაბოლიზმი

**Lactobacillus plantarum* და *Propionibacterium freudenreichii* არ არიან ზიანის მომტანნი, ისინი სასარგებლონი არიან ზოგიერთ კვებით პროცესში.

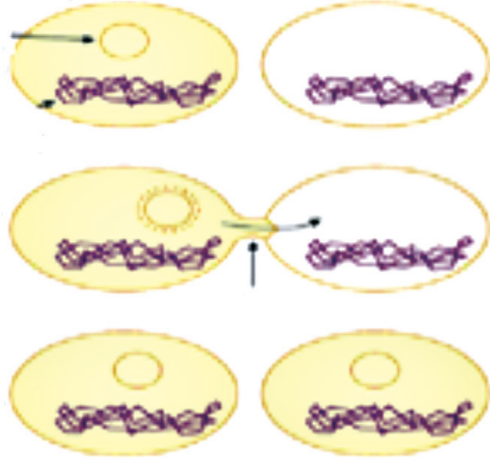
## ბაქტერიების გენეტიკა

როგორც სხვა ორგანიზმებში (ზოგიერთი ვირუსის გარდა), ბაქტერიებშიც დნმ არის გენეტიკური ინფორმაციის მატარებელი და გადაეცემა ერთი თაობიდან მეორეს. ბაქტერიები არ მრავლდებიან სქესობრივად, მაგრამ მათი დნმ მარტივად რეპლიცირდება თვითკონსერვატიული მოდელით, რომლის დროსაც შვილეული უჯრედები ღებულობენ დედისეული უჯრედის დნმ-ის იდენტურ ასლს. ამას გარდა,

ბაქტერიებს შეუძლიათ გაცვალონ გენეტიკური ინფორმაცია. ზოგიერთ ვირუსს უნარი აქვს შეიჭრას ბაქტერიულ უჯრედში და გადაიტანოს ინფიცირებული ბაქტერიის დნმ მეორე ბაქტერიაში - ამ პროცესს ტრანსდუქცია ეწოდება. ტრანსფორმაციის დროს ბაქტერიას შეუძლია გადმოიტანოს სხვა ბაქტერიული უჯრედის დნმ საკუთარ უჯრედში. გენების გაცვლის პროცესებს შორის, ალბათ ყველაზე მნიშვნელოვანს წარმოადგენს კონიუგაცია, რომლის დროსაც დნმ დონორი ბაქტერიიდან რეციპიენტ ბაქტერიაში გადადის უჯრედების უშუალო კონტაქტით.

პლაზმიდები წარმოადგენენ მცირე ზომის დამოუკიდებელ თვითრეპლიცირებად დნმ-ის მოლეკულებს, რომლებიც მდებარეობენ ბაქტერიის ნუკლეოიდის გარეთ და ხშირად მონაწილეობენ კონიუგაციის პროცესში. ისინი ხშირად არიან ანტიბიოტიკებისადმი რეზისტენტული გენების მატარებლები და ანტიბიოტიკების არარაციონალური გამოყენებისას შეუძლიათ ამ უნარის (რეზისტენტობის) სწრაფი გავრცელება ბაქტერიულ პოპულაციაში.

ზოგიერთი ბაქტერიის სახეობაში პლაზმიდები ატარებენ ტოქსინებისა და ვირულენტობის ფაქტორების გენებს, რომლებიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ბაქტერიების პათოგენობაში.



ბაქტერიის კონიუგაციის პროცესი. დონორი ბაქტერია (მარცხნივ) გადასცემს საკუთარ დნმ-ს რეციპიენტს (მარჯვნივ). კონიუგაციის პრაქტიკული მნიშვნელობა კვებით და კლინიკურ მიკრობიოლოგიაში ასოცირდება ანტიბიოტიკორეზისტენტობის სწრაფ გავრცელებასთან მიკრობულ პოპულაციაში, როდესაც რეზისტენტული დონორი ბაქტერია ავრცელებს რეზისტენტობას რეციპიენტ ბაქტერიებს შორის.

### ბაქტერიების პათოგენობა და კვებითი მოშხამვები

ბაქტერიული სახეობების დიდი უმრავლესობა არ არის ზიანის მომტანი და აქვს ფუნდამენტური როლი ნიადაგისა და წყლის ეკოსისტემაში. თუმცა ზოგიერთი მათგანი არის ადამიანისა და ცხოველების ინფექციური დაავადების გამომწვევი. ბაქტერიათა პათოგენობა, ანუ შესაძლებლობა გამოიწვიოს დაავადება, დამოკიდებულია მთელ რიგ ვირულენტობის ფაქტორებზე, როგორიცაა: მასპინძლის ორგანიზმის კოლონიზების, ტოქსინების, ან ქსოვილების დამშლელი პროტეოლიზური ფერმენტების წარმოქმნის

უნარი. ამ თვისებების მაკონტროლებელი გენები ბაქტერიულ გენომში ქმნიან ჯგუფებს, რომელთაც პათოგენობის კუნძულებს უწოდებენ.

ბაქტერიების პათოგენობა ხშირად კავშირშია ანტიბიოტიკორეზისტენტობასთან, რაც ართულებს ბაქტერიული დაავადებების მკურნალობას და ბოლო დროს უფრო და უფრო დიდ მნიშვნელობას იძენს.

### კვებითი მოშხამვების გამომწვევი ბაქტერიები

ზოგიერთი ბაქტერია წყლისა და საკვების დაბინძურების შედეგად ხდება კვებითი მოშხამვების მიზეზი. ისინი, როგორც წესი, გამოყოფენ ცილოვან ტოქსინებს (ენტეროტოქსინებს), რაც ხდება დიარეისა და ღებინების მიზეზი, ან სხვა ტიპის ტოქსინებს, რომლებიც იწვევენ ლოკალურ, ან სისტემურ ინფექციებს.

საკვებთან დაკავშირებულ მნიშვნელოვან ბაქტერიებს მიეკუთვნება:

- *Salmonella enterica* ან მისი სეროტიპები, რომლებიც იწვევენ სხვადასხვა ტიპის გასტროენტერიტებს და ზოგჯერ სისტემურ დაავადებებს (ტიფი);
- ენტეროპათოგენური *Escherichia coli,* რომელიც იწვევს დიზინტერიის ტიპის დაავადებებს;
- *Campylobacter jejuni* იწვევს გასტროენტერიტებს;
- *Staphylococcus aureus,* რომლის ენტეროტოქსინიც იწვევს დიარეას;
- *Clostridium perfringens* იწვევს დიარეას;
- *Clostridiun botulinum* - წარმოქმნის ძლიერ ნეიროტოქსინს, რომელიც იწვევს სიკვდილს სასუნთქი სისტემის დამბლის გამო;
- *Bacillus cereus* წარმოქმნის დიარეა- ასოცირებულ ენტეროტოქსინს და ღებინების გამომწვევ ტოქსინს;
- *Listeria monocytogenes* იწვევს გასტროენტერიტებს, აგრეთვე მენინგიტს, ჰეპატიტს და აზიანებს ნაყოფს დაინფიცირებულ ორსულებში.

Salmonella enterica და Escherichia coli მიეკუთვნებიან ენტერობაქტერიების ოჯახს და ბინადრობენ თბილსისხლიანი ცხოველების საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში (უნდა აღინიშნოს, რომ Escherichia coli-ის უმრავლესობა არაპათოგენურია და ნაწლავების ნორმალური ფლორის წარმომადგენელია. მხოლოდ ენტეროპათოგენური ბაქტერიები ქმნიან პრობლემას).

Campylobacter jejuni არის ფრინველების ნაწლავური ფლორის ტიპიური წარმომადგენელი, მაგრამ შეუძლია წყლისა და ზღვის პროდუქტების დაბინძურება.

Staphylococcus aureus ხშირად გვხვდება კანსა და ლორწოვან გარსებზე.

ადამიანთა დაახლოებით მესამედი მისი უსიმპტომო მატარებელია.

კლოსტრიდიების გვარის ბაქტერიები - Clostridium გვხვდება ანაერობულ გარემოში, როგორიცაა ფსკერის ნალექი და საჭმლის მომნელებელი ტრაქტი.

Bacillus და Listeria ნიადაგის ტიპიური წარმომადგენლებია. Clostridium და Bacillus, როგორც ენდოსპორის წარმომქმნელები, ინარჩუნებენ სიცოცხლისუნარიანობას საკვების თერმული დამუშავების დროს.

### თევზის პათოგენები

ბაქტერიების ზოგიერთი წარმომადგენელი იწვევს თევზების დაავადებებს. მათ მიეკუთვნება ისეთი გვარები, როგორებიცაა: *Pseudomonas, Aeromonas, Yersinia and Flavobacterium*. მათი დახასიათება მოცემულია ქვედა ცხრილში.

**ზოგიერთი მნიშვნელოვანი თევზის პათოგენები**

| ბაქტერიის ჯგუფი | სახეობები | შეღებვა გრამის წესით | ფორმა | ჟანგბადზე მოთხოვნილება | ზრდის ტემპერატურა | დაავადების ტიპი |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Proteobacteria | *Pseudomonas anguillisepticа and other psychrophilic Pseudomonas species* | - | ჩხირისებრი | ობლიგატური აერობი | 4 – 30 °C | ზოგადი ინფექციები, fin rot (ფარფლის ლპობა) |
| | *Aeromonashydrophila* | - | ჩხირისებრი | ფაკულტატური ანაერობი | 4 – 30 °C | წყლულები, სეპტიცემია, fin rot |
| | *Yersinia ruckeri* | - | ჩხირისებრი | ფაკულტატური ანაერობი | 20 – 30 °C | წითელი თურქული |
| Bacteroidetes[a] | *Flavobacterium psychrophilum* | - | ჩხირისებრი | ობლიგატური აერობი | < 16 °C | ორაგული-სებრთა ცივი წყლის დაავადება |
| | *Falvobacterium-columnare* | - | ჩხირისებრი | ობლიგატური აერობი | 20 – 25 °C | ორაგული-სებრთა ბამბის დაავადება |

a ბაქტეროიდიტები წარმოადგენენ პროტეობაქტერიების, ფირმიკუტების და აქტინობაქტერიებისგან განცალკევებით მდგომ ბაქტერიათა ჯგუფს.

### ეუკარიოტული მიკროორგანიზმები ანუ პროტისტები

ეუკარიოტულ ორგანიზმებს მიეკუთვნება პროტოზოები ანუ ერთუჯრედიანი არაფოტომასინთეზებელი ორგანიზმები, ერთუჯრედიანი ფოტომასინთეზებელი ორგანიზმები ანუ ერთუჯრედიანი წყალმცენარეები, ძაფისებრი და საფუარის სოკოები.

პროტოზოებს და წყალმცენარეებს გააჩნიათ მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური ფუნქცია და ქმნიან პლანქტონს წყლის ეკოსისტემაში. თუმცა კვებით მიკრობიოლოგიაში უფრო მნიშვნელოვანი არიან ძაფისებრი და საფუარის სოკოები.

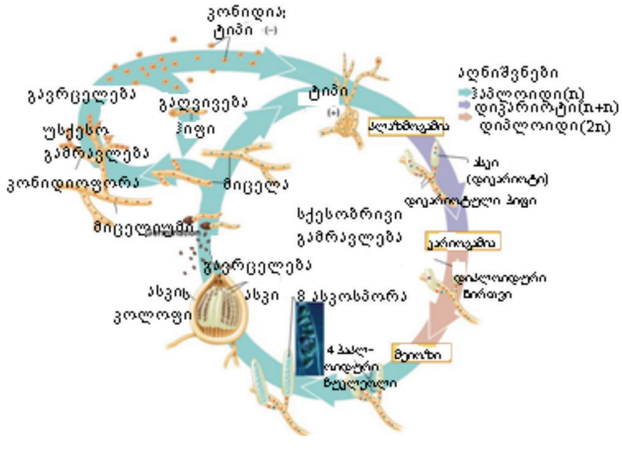
**ძაფისებრი სოკოები**

ძაფისებრი სოკოები წარმოქმნიან გრძელ ძაფებს, ე.წ. ჰიფებს. მათ ახასიათებთ გამრავლების სხვადასხვა ტიპი - გააჩნიათ სქესობრივი სასიცოცხლო ციკლი ან წარმოქმნიან უსქესო სპორებს ანუ კონიდიებს.

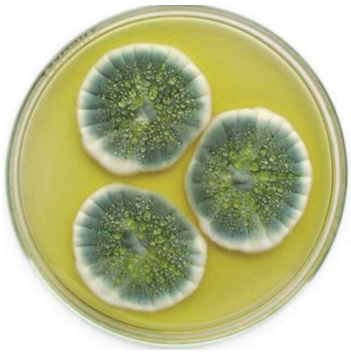
ტიპიური ძაფისებრი სოკოს Neurosporacrassa სასიცოცხლო ციკლი წარმოდგენილია.

სქესობრივი სასიცოცხლო ციკლი მოიცავს ორი შემხვედრი უჯრედის (+) და (-) შერწყმას, რის შედეგადაც ასკებად წოდებულ სტრუქტურებში წარმოიქმნება რვა სპორა. გაღვივებულ სპორებს შეუძლიათ დაიწყონ ახალი სქესობრივი სასიცოცხლო ციკლი ან წარმოქმნან კონიდიები, რომლებიც განთავსდებიან სპეციალურ სტრუქტურებში ე.წ. კონიდიოფორებში.

ძაფისებრი სოკოების მეტაბოლიზმი უპირატესად სუნთქვითია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ისინი იზრდებიან ზედაპირებზე. მაგ. დაობებული პური, ხილი წარმოადგენენ ძაფისებრი სოკოების ზრდის ტიპიურ მაგალითს. ამასთანავე, იცვლება პროდუქტის ორგანოლეპტიკური თვისებები - გემო, სუნი, ფერი. მათ ასევე შეუძლიათ ჯანმრთელობისათვის საზიანო ტოქსინების-მიკოტოქსინების პროდუცირება. ზოგიერთმა მათგანმა შეიძლება დააზიანოს ღვიძლი, ჰქონდეს კანცეროგენული მოქმედება (მაგ. აფლატოქსინი), მაშინ როდესაც სხვა ტიპის ტოქსინები აზიანებენ თირკმლებს, ნერვულ სისტემას ან აქვთ ჰორმონული მოქმედება. მიკოტოქსინების მაპროდუცირებელ ძაფისებრ სოკოებს მიეკუთვნება *Aspergillus, Penicillium* და *Fusarium* გვარის სოკოები. მყარ საკვებ ნიადაგზე ძაფისებური სოკოების ზრდა ნაჩვენებია სურათზე.




ძაფისებრი სოკოების სასიცოცხლო ციკლი. სოკოს ორი ძაფი წარმოადგენს ორ სხვადასხვა ტიპის უჯრედს, რომლებიც ერთიანდებიან და იწყება სქესობრივი სასიცოცხლო ციკლი. ამ დროს ორი ბირთვი (კარიოგამა) ერწყმის ერთმანეთს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება სასქესო სპორები(ამ შემთხვევაში ე.წ. ასკოსპორები). არასასქესო სპორები (კონიდიები) ფორმირდებიან სპეციალურ სტრუქტურებში - კონიდიოფორებში.



ძაფისებრი სოკოების ზრდა მყარ საკვებ ნიადაგზე

### სოკოები

საფუარის სოკოები არ წარმოქმნიან მიცელიუმს, ისინი იზრდებიან ცალკეული უჯრედების სახით. მათი ტიპიური წარმომადგენელია პურპროდუქტების საცხობად გამოყენებული საფუარი - *Saccharomyces cerevisiae*. მას გააჩნია სქესობრივი სასიცოცხლო ციკლი (თუმცა ეს არ შეუძლიათ სხვა საფუარის სოკოებს), რომლის დროსაც წარმოიქმნება სასქესო სპორები. უჯრედის გაყოფა ხდება დაკვირტვით, შვილეული უჯრედები არ სცილდებიან დედისეულ უჯრედს და წარმოქმნიან პატარა „კვირტებს".

საცხობი საფუარი (Saccharomyces cerevisiae). აღსანიშნავია, რომ აქ, ადგილი არა აქვს ძაფისებურ ზრდას და კარგად ჩანს ,,კვირტები'' (საფუარის ახალი უჯრედები).

ხშირად საფურის სოკოები იზრდებიან, როგორც აერობულ, ისე ანაერობულ პირობებში. ამ უკანასკნელის დროს წარმოიქმნება ეთანოლი და ნახშირორჟანგი, როგორც ფერმენტაციული მეტაბოლიზმის საბოლოო პროდუქტები. მიუხედავად იმისა, რომ საფუარი გამოიყენება საცხობად ღვინისა და ლუდის წარმოებაში, მათ შეუძლიათ საკვები პროდუქტების დაბინძურება და გაფუჭება, რაიმე არომატისა და სუნის წარმოქმნის გარეშე.

შეუიარაღებელი თვალით დაკვირვებისას, ძაფისებრი სოკოებისგან განსხვავებით, საფუარის სოკოს კულტურები არ განსხვავდებიან ბაქტერიული უჯრედების კულტურებისგან და ამიტომ საჭიროებენ მიკროსკოპულ შესწავლას.

## მიკროორგანიზმებთან მუშაობა

მიკროორგანიზმების კულტივირება მიკრობიოლოგიის ძირითად ასპექტს წარმოადგენს. მნიშვნელოვანია, არ მოხდეს საკვლევი ნიმუშის დაბინძურება გარშემო მყოფი მიკროორგანიზმებით, ამიტომ სტერილურად მუშაობის პრინციპების დაცვა ყოველთვის აუცილებელია. ამასთანავე, აუცილებელია მიკრორგანიზმების ზრდის ფაქტორების ზედმიწევნითი ცოდნა მათი კულტივირებისათვის, როგორიცაა: მოთხოვნილება ჟანგბადზე, ზრდის ოპტიმალურ ტემპერატურაზე, შესაბამის საკვებ ნიადაგზე და სხვ.

### მიკრობიოლოგიური ლაბორატორია

მიკრობიოლოგიურ ლაბორატორიაში სამუშაო ზედაპირები ადვილად უნდა იწმინდებოდეს (უნდა იყოს კერამიკის, უჟანგავი ფოლადის). ცალკე უნდა იყოს ოთახი ქიმიური პრეპარატებისა და საკვები ნიადაგებისათვის, აუცილებელია იყოს მაცივრები და საყინულეები. ბიოლოგიური უსაფრთხოების კაბინეტები უზრუნველყოფენ სტერილურ პირობებში მუშაობას, ისევე როგორც ავტოკლავები და აპარატურა ნიადაგების სტერილიზაციისათვის. ლაბორატორიაში აუცილებელია თერმოსტატები, რომლებიც ინარჩუნებენ მიკროორგანიზმებისათვის ოპტიმალურ ტემპერატურას.

### მუშაობა სტერილურად ასეპტიკური მეთოდების გამოყენებით

მიკრობიოლოგიური სამუშაოს ჩასატარებლად გამოყენებული ხსნარები, ნიადაგები, პლასტმასის თუ მინის ჭურჭელი უნდა იყოს სტერილური. სტერილიზაციის ყველაზე გავრცელებული მეთოდია მშრალი ჰაერით სტერილიზაცია (გამოიყენება მინისა და მეტალის ჭურჭლისთვის), ან ტენიანი ჰაერით სტერილიზაცია (ხსნარებისთვის).

მშრალი ჰაერით სტერილიზაციისთვის გამოიყენება ღუმელები, ან საშრობი კარადები, სადაც ტემპერატურა 160°C (1.5–2 სთ) ან 190°C (12 წთ). ტენიანი ჰაერით სტერილიზაცია ხდება ავტოკლავში, სადაც ჰაერის ნაკადი მიეწოდება წნევის ქვეშ და ტემპერატურა აღწევს 120°C (15 – 20 წთ).

ტენიანი ჰაერით სტერილიზაცია არ გამოიყენება ბევრი ბიოლოგიური მასალის სტერილიზაციისთვის (როგორიცაა ცილოვანი ხსნარები) და ამიტომ მათი სტერილიზაცია ხდება ფილტრაციით, 0.2 μ ფორების მქონე ფილტრებით, რომლის დროსაც ხდება ყველა სახის მიკრობის შეკავება, გარდა ვირუსებისა.

ლაბორატორიული ჭურჭლის (პეტრის ფინჯანი, მარყუჟი და სხვა) სტერილიზაციისთვის გამოიყენება γ-სხივები, ან აირადი ეთილენის ოქსიდით (სტერილურ პაკეტებში) დამუშავება, რაც ამჟამად, კომერციულად სავსებით ხელმისაწვდომია.

ლაბორატორიული დანადგარების ზედაპირის სტერილიზაციისათვის გამოიყენება 70%-იანი სპირტის ხსნარი, ან ულტრაიისფერი სხივებით (290 – 100 ნმ სიგრძის ტალღებით) დამუშავება. უნდა აღინიშნოს, რომ პლასტმასის ბევრი ნაკეთობა არასტაბილურია ულტრაიისფერი სხივებისადმი და ამავე დროს, ამ სხივების პირდაპირმა ნაკადმა შესაძლოა სერიოზულად დააზიანოს თვალები.

ლაბორატორიული სამუშაო ითხოვს სწრაფ შესრულებას, არ არის საჭირო ზედმეტად სინჯარებისა და პეტრის ფინჯნებისთვის თავის მოხდა (გახსნა), ამავე დროს უნდა ვეცადოთ პროცედურის დროს არ მოხდეს მათი დაბინძურება.

## მიკრობული კულტურები და საკვები ნიადაგები

ლაბორატორიაში გაზრდილ მიკროორგანიზმებს მიკრობულ კულტურებს უწოდებენ. კულტურას ვუწოდებთ სუფთას, თუკი ის წარმოადგენს მხოლოდ ერთი სახეობის მიკროორგანიზმის ნაზარდს. როდესაც კულტურა წარმოადგენს რამდენიმე სხვადასხვა სახეობის ნაზარდს, მას ეწოდება შერეული.

მიკროორგანიზმები იზრდებიან სხვადასხვა ტიპის საკვებ ნიადაგებზე. საკვები ნიადაგები არის თხევადი და მყარი. ისინი შეიძლება შეიცავდნენ საფუარის, ხორცის ექსტრაქტებს, პომიდვრის წვენს და სხვა, ან რომელიმე წინასწარ განსაზღვრულ ცნობილ ინგრედიენტს, მაგალითად, ზოგიერთ შაქარს, აუცილებელ მარილებს სხვა მიკროელემენტებთან ერთად.

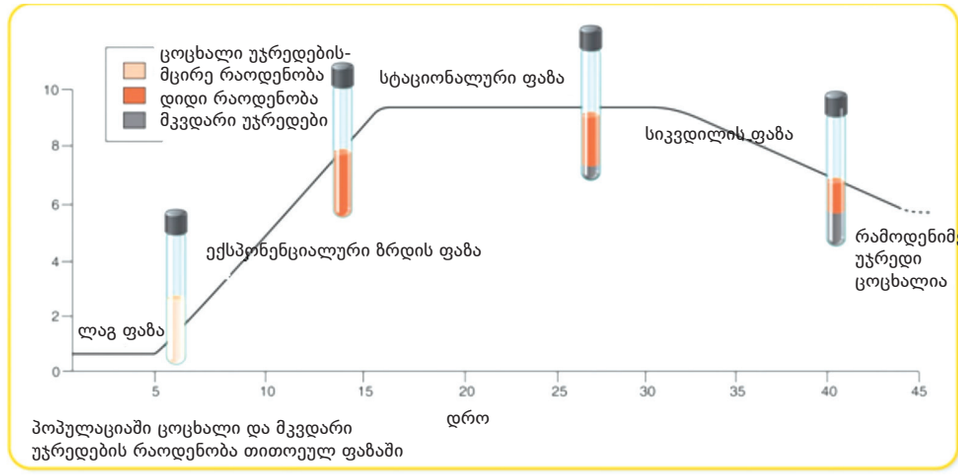
თხევადი საკვები ნიადაგები გამოიყენება ბაქტერიების დიდი რაოდენობით გასაზრდელად ან როდესაც საჭიროა ბაქტერიის იზოლირება.

თხევად საკვებ ნიადაგებში მიკროორგანიზმების ზრდა ადვილი დასაკვირვებელია. თხევად ნიადაგში მასალას შეყვანიდან (ბაქტერიების ჩათესვიდან) პირველ საათებში ბაქტერიის გამრავლება არ აღინიშნება - ლაგ ფაზა, მას მოსდევს ბაქტერიების სწრაფი ზრდისა და გამრავლების ექსპონენციური ზრდის ანუ ლოგარითმული ფაზა. ნიადაგში საკვები ნივთიერებების შემცირებასთან ერთად ადგილი აქვს ბაქტერიების გამრავლების და ზრდის ტემპის შემცირებას და კულტურა გადადის სტაციონარულ ფაზაში. საბოლოოდ, უჯრედები იწყებენ კვდომას - სიკვდილის ფაზა. ბაქტერიების ზრდის მრუდი მოცემულია სურათზე.

როგორც წესი, მიკრობული კულტურების ფიზიოლოგია ზრდის სხვადასხვა ფაზაში განსხვავებულია. ეს მეტად მნიშვნელოვანი ფაქტორია იმ შემთხვევაში, როდესაც ეს მიკრობები გამოიყენება ბიოტექნოლოგიური მიზნებისთვის. ჰიგიენური კუთხით, უკიდურესად მნიშვნელოვანია აღინიშნოს ბაქტერიების სწრაფი, ექსპონენციალური ზრდა შესაბამის პირობებში. თუ საკვები არ ინახება შესაბამის პირობებში, ამ შემთხვევაში პათოგენური მიკროორგანიზმების რიცხვი დროის მოკლე მონაკვეთში მრავალჯერადად იზრდება.

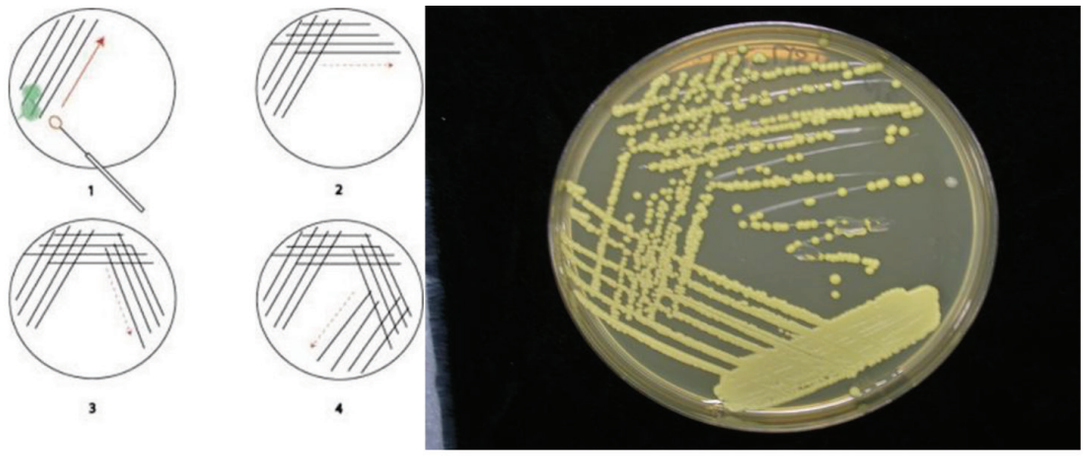
მყარი საკვები ნიადაგი ჩვეულებრივ შეიცავს 1.2% აგარს (აგარ- აგარი) - პოლისაქარიდს, რომელიც აძლევს ნიადაგს სიმყარეს. თავდაპირველად გამღვალი ნიადაგი ისხმება პეტრის ფინჯნებზე და მისი გამყარების შემდეგ ითესება ბაქტერიები. პეტრის ფინჯნებზე ეს ხორციელდება შემდეგი წესით: ბაქტერიების ბიომასის მცირე რაოდენობა ან თხევადი კულტურის რამდენიმე მლ გადაგვაქვს მყარ საკვებ ნიადაგზე და დათესვას ვახორციელებთ შტრიხით. ამ მეთოდის საშუალებით ვღებულობთ

განცალკევებულ კოლონიებს. ცალკეული კოლონიები წარმოადგენენ მაკროსკოპულ ერთეულებს, რომლებიც შეიცავენ დაახლოებით 106 ბაქტერიულ უჯრედს, ანუ ერთი სახეობის შთამომავლობის ნაზარდს მყარი საკვები ნიადაგის ერთ წერტილში.



პოპულაციაში ცოცხალი და მკვდარი უჯრედების რაოდენობა თითოეულ ფაზაში

ბაქტერიის ზრდის ფაზები ბულიონში. კარგად ჩანს, რომ ბაქტერიების სწრაფ გამრავლებას ადგილი აქვს ლოგარითმულ ანუ ექსპონენციალურ ფაზაში



პეტრის ფინჯანი და მასზე შტრიხით დათესილი ბაქტერიები.
შტრიხით დათესვისას აგარიან ფინჯანზე (მარცხნივ) ბაქტერიული მასის ხვედრითი წილი შტრიხების მიმართულების ყოველ შეცვლაზე თანდათან კლებულობს, სანამ არ მიიღწევა განცალკავებული ერთეულები (კოლონიები) საკვები ნიადაგის ზედაპირზე. (მარჯვენა ფოტო).

## ბაქტერიული კულტურების ტიპები და საკვები ნიადაგები

კვებით და კლინიკურ მიკრობიოლოგიაში ნიმუში მოწმდება დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმების შემცველობაზე. პრობლემას წარმოადგენს ის, რომ ნიმუშები შეიცავენ დიდი რაოდენობით არაპათოგენურ ბაქტერიას, საფუარისა და ობის სოკოებს. ამის გამო ხშირად გამოიყენება სხვადასხვა გამდიდრებული ნიადაგები. ისინი შეიცავენ ისეთ ტოქსინებს და მაინჰიბირებელ კომპონენტებს, რომლებიც აფერხებენ კვლევისათვის საინტერესო ბაქტერიების, საფუარის და ობის სოკოების გამრავლებას.

ასეთ გამდიდრებულ საკვებ ნიადაგში ნიმუშის შეყვანა პათოგენს ანუ ლპობის გამომწვევ მიკროორგანიზმს აძლევს გამრავლების საშუალებას, მაშინ, როდესაც ყველა სხვა მიკროორგანიზმის ზრდა ითრგუნება. პრაქტიკული მაგალითები საკვები ნიადაგების გამდიდრების პროცედურებისა მოცემულია ქვედა ცხრილში.

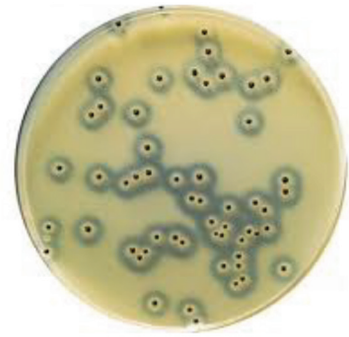
**კვებით მიკრობიოლოგიაში გამოყენებული სელექციური და გამდიდრებული საკვები ნიადაგი**

| ნიადაგი | სელექციური კომპონენტი |
|---|---|
| Salmonella-გამდიდრებული ბულიონი | მალაქიტის მწვანე |
| Listeria - გამდიდრებული ბულიონი | ნალიდიქსინის მჟავა, ციკლოჰექსამიდი, აკრიფლავინი |
| Staphylococcus - გამდიდრებული ბულიონი | ლითიუმის ქლორიდი, კალიუმის ტელურიტი |
| Escherichia coli და მონათესავე ბაქტერიები (coliform) - სხვადასხვა ბულიონი | ნაღვლის მჟავები, ნოვობიოცინი, ბრილიანტის მწვანე და სხვ. |
| Campylobacter- სელექციური ნიადაგი | ცეფოპერაზონი, ვანკომიცინი, ტრიმეტოპრიმი, ციკლოჰექსამიდი |
| სელექციური ნიადაგი საფუარის და ძაფისებრი სოკოებისათვის | აგარი შეიცავს ანტიბიოტიკებს, როგორიცაა ქლორამფენიკოლი და ტეტრაციკლინი |

გამდიდრებული ნიადაგები წარმოადგენენ სხვადასხვა ტიპის ბულიონს მაშინ, როცა სადიაგნოსტიკო ნიადაგი, როგორც წესი, მყარია. ამ უკანასკნელზე ბაქტერიები იზრდებიან სახასიათო კოლონიების წარმოქმნით, რაც განპირობებულია მათი ფიზიოლოგიით (გარკვეული ნახშირწყლების დაშლა, ცილებისა და ლიპიდების დამშლელი ფერმენტების გამომუშავება, ზოგიერთი მაინჰიბირებელი აგენტის მიმართ ტოლერანტობა, მჟავების წარმოქმნა და სხვ.). ეს თვისებები გამოიყენება, როგორც სადიაგნოსტიკო კრიტერიუმები ბაქტერიების იდენტიფიკაციის დროს.

ლითიუმის ქლორიდისადმი რეზისტენტული Staphylococcus aureus-ის (ოქროსფერი სტაფილოკოკი) დიაგნოსტიკისათვის გამოყენებულ Baird Parker აგარზე

მოცემული ბაქტერიები იზრდებიან მბზინავი შავი კოლონიების სახით (რაც განპირობებულია ნიადაგში არსებული ნატრიუმის ტელურიტის აღდგენით), რომლებიც გარშემორტყმულია პრეციპიტაციისა და ნათელი ზონებით. პირველი გამოწვეულია ფერმენტ ლეციტინაზით, ხოლო მეორე ბაქტერიის მიერ პროდუცირებული ფერმენტ ლიპაზით.

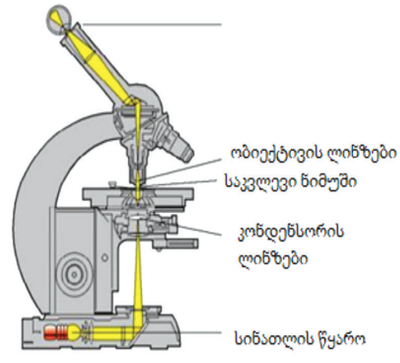


კვებითი მოშხამვების გამომწვევი Staphylococcus aureus-ის ზრდა Baird Parker -ის სელექციურ ნიადაგზე. კოლონიები არის მბზინავი შავი (რაც განპირობებულია ნიადაგში არსებული ნატრიუმის ტელურიტის აღდგენით), რომლებიც გარშემორტყმულია პრეციპიტაციისა და ნათელი ზონებით. პირველი გამოწვეულია ფერმენტ ლეციტინაზით, ხოლო მეორე ბაქტერიის მიერ პროდუცირებული ფერმენტ ლიპაზით.

სხვა ტიპის სადიაგნოსტიკო ნიადაგები გამოიყენება *Enterobacteriacea*-ს ოჯახის (ამ ოჯახში შედიან კოლიფორმული ბაქტერიებიც) მიკროორგანიზმებისათვის, ასევე ზოგიერთი პათოგენური ბაცილისათვის და სხვა. ასე მაგალითად, *Violet Red-Bile-Glucose (VRBG)* აგარი, გამოყენებულია კოლიფორმული ბაქტერიებისათვის და მათი მონათესავე სახეობებისათვის, ხოლო *Mossel* აგარი (ანტიბიოტიკ პოლიმიქსინის შემცველი) კვებითი მოშხამვების გამომწვევი *Bacillus cereus*-ისთვის.

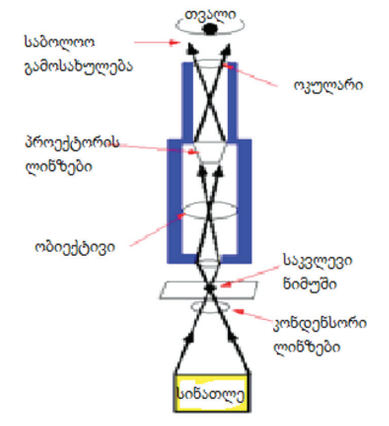
## მიკროსკოპირება და შეღებვა

კოლონიებზე დაკვირვება შესაძლებელია შეუიარაღებელი თვალით, ხოლო მიკროორგანიზმების შესასწავლად საჭიროა გამოვიყენოთ მიკროსკოპი. ტიპიური სინათლის მიკროსკოპი ნაჩვენებია.



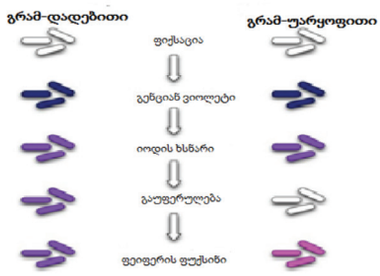

სტანდარტულ სინათლის მიკროსკოპში სინათლის სხივები კონდენსორის ლინზების გავლით მიემართებიან საკვლევი პრეპარატისკენ, შემდეგ ობიექტივის ლინზებიდან ხვდებიან ოკულარის ლინზებში და საბოლოოდ აღიქმებიან თვალით.

ობიექტის საბოლოო გადიდება დამოკიდებულია გამოყენებული ობიექტივის ტიპზე. მიკროსკოპების უმრავლესობა აღჭურვილია მბრუნავი რევოლვერით, რომელზეც მიმაგრებულია ობიექტივები (მაგალითად: 10 X, 40 X და 100 X) და საკვლევი ობიექტივის ზომის გათვალისწინებით შეირჩევა შესაბამისი გადიდება. უმეტესი მიკროორგანიზმები საჭიროებენ გამოკვლევას 100 X ობიექტივით.

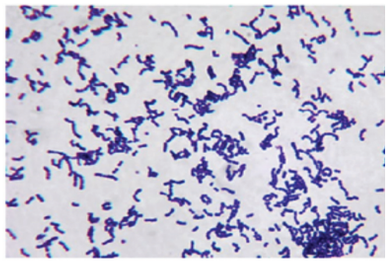



სინათლის მიკროსკოპი და მისი ოპტიკური სისტემა (კოჰლერის განათება)

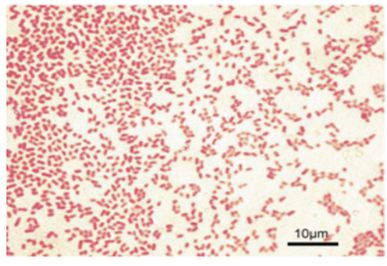
ფაზურ-კონტრასტულ მიკროსკოპში მოდიფიცერებულია ძირითადი განათების სისტემა, რის გამოც შესაძლებელია




გრამის წესით შეღებვის თანმიმდევრობა

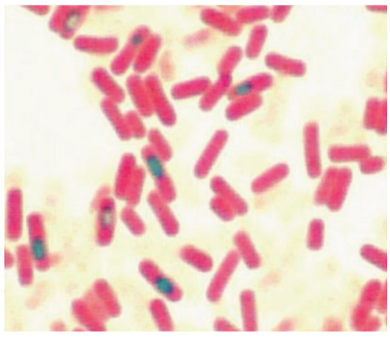


გრამ(+) ბაქტერიები




გრამ(-) ბაქტერიები

გრამ-დადებითი (მარცხნივ) და გრამ-უარყოფითი (მარჯვნივ)



შეღებილი სპორები. მალაქიტის მწვანით შეღებილი ენდოსპორები კარგად ჩანს ბაქტერიული უჯრედის შიგნით.

ბაქტერიებსა და სხვა მიკროორგანიზმებზე პირდაპირი დაკვირვება. თუმცა, ჩვეულებრივ, ისინი იმდენად თხელი და გამჭვირვალეა, რომ საჭიროა შეღებვის სხვადასხვა მეთოდის გამოყენება. მიკრობიოლოგიაში გამოყენებული შეღებვის მეთოდებიდან ყველაზე ხშირად გამოიყენება გრამის წესით შეღებვა და სპორის შეღებვის მეთოდი.

## შეღებვა გრამის წესით

მიკროორგანიზმების გრამის წესით შეღებვა წარმოადგენს ძალიან მნიშვნელოვან ტაქსონომიურ კრიტერიუმს. გრამის წესით შეღებვის მეთოდიკა მოცემულია ქვემოთ:

შეღებვისათვის ბაქტერიული კოლონიიდან იღებენ მცირე რაოდენობის მასას და მას თხელ ფენად დაიტანენ სასაგნე მინაზე, ხოლო შემდგომ ფიქსაციის მიზნით რამდენჯერმე გაატარებენ ცეცხლის ალში. ფიქსირებულ პრეპარატს დაასხამენ გენციან-ვიოლეტის ხსნარს (2-3 წთ), შემდეგ იოდის ხსნარს (1 წუთამდე) და გადარეცხავენ სპირტით. ამ ეტაპზე გრამ-უარყოფითი ბაქტერიები უფერულდება და შემდეგ იღებება წითლად ფეიფერის ფუქსინით (2-3 წთ). შემდგომი მიკროსკოპირებისას გრამ-დადებითი ბაქტერიები ჩანს მოლურჯო იისფრად, ხოლო გრამ-უარყოფითი წითლად.

## სპორის შეღებვა

უჯრედშიგნითარსებულიტემპერატურაგამძლეენდოსპორებს (გვარები: Bacillus, Clostridium) ღებავენ მალაქიტის მწვანით. ამ მიზნით ფიქსირებულ პრეპარატს ვასხამთ მალაქიტის მწვანეს და ვაცხელებთ 5 წთ-ის განმავლობაში (დასხმული საღებავი არ უნდა მივიყვანოთ დუღილამდე ან ამოშრობამდე). შემდგომ პრეპარატს გადავრეცხავთ წყლით და ვღებავთ ფეიფერის ფუქსინით. მზა პრეპატის მიკროსკოპირებისას წითელ ფონზე მკაფიოდ ჩანს მწვანე სპორები.

### შეღებვის სხვა მეთოდები

განსაკუთრებულ შემთხვევებში ბაქტერიების და სხვა მიკროორგანიზმების შესაღებად გამოიყენება ფლუორესცენტული საღებავები. ეს ტექნიკა საჭიროებს სპეციალურ მიკროსკოპს ფლუორესცენტული განათებით, რომელიც იწვევს შეღებილი ბაქტერიების ფლუორესცენტულ ნათებას.

შეღებვის ზოგიერთი მეთოდი გვაძლევს საშუალებას დავადგინოთ ბაქტერიული უჯრედები ცოცხალია თუ არა. თუ ბაქტერიული ანტიგენების საწინააღმდეგოდ სინთეზირებულ ანტისხეულებს1 მოვნიშნავთ ფლუორესცენტული საღებავით, მაშინ წარმოქმნილი ბაქტერია-ანტისხეულის (ანტიგენ-ანტისხეული) კომპლექსი იწყებს ნათებას ანუ საკვლევი ბაქტერია ამოიცნობა ფლუორესცენტული სიგნალით.

## ნიმუშში მიკრობთა რაოდენობის შეფასება, სერიული განზავების მეთოდი და ყველაზე მეტად სავარაუდო რიცხვთა მეთოდი- MPN

საკვლევ ნიმუშში მიკრობთა რაოდენობის შეფასება მიკრობიოლოგიის ძირითად საკითხს წარმოადგენს, განსაკუთრებით კლინიკურ და კვებით მიკრობიოლოგიაში. თუ ხელმისაწვდომია ფაზურ-კონტრასტული მიკროსკოპი, მაშინ ეს შეიძლება განხორციელდეს პირდაპირი მიკროსკოპირებით სპეციალური სათვლელი კამერებით. ამ კამერებში მიკროორგანიზმები იკავებენ გარკვეულ სივრცეს, რომლის მოცულობაც ცნობილია. ხდება მათი დათვლა და შესაბამისად მათი მთლიანი რაოდენობის გამოთვლა საწყის ნიმუშში. თუმცა მყარი ნიმუშების შემთხვევაში ამ მეთოდის გამოყენება რთულია ან შეუძლებელი.

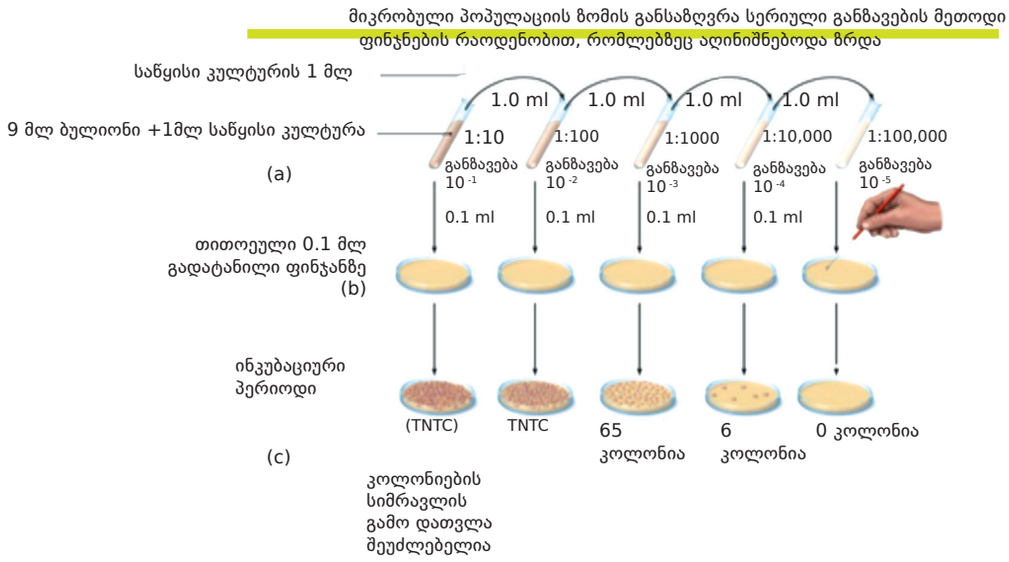
პირდაპირი მიკროსკოპირებისას შესაძლებელია ფლუორესცენტული საღებავების გამოყენებაც (თუკი არის ამის საშუალება). არსებობს აგრეთვე ე.წ. უჯრედების დამხარისხებელი ხელსაწყოები, რომლებიც ავტომატურად ითვლიან ფლუორესცენტული საღებავებით შეღებილ უჯრედებს. თუმცა ეს მეთოდი მოუხერხებელია მიკრობთა რაოდენობის რუტინული შეფასებისთვის.

სტანდარტულ მეთოდოლოგიას, რომელსაც ეყრდნობა საკვები პროდუქტების უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული მიკრობიოლოგიური რეკომენდაციები, წარმოადგენს ნიმუშის სერიული განზავება, მისი შემდგომი კულტივირებით.

### სერიული განზავების მეთოდი

ამ მეთოდის გამოყენებისას ნიმუშის (მასალის) 1 გ აღებული საკვებიდან, ნიადაგიდან, წყლიდან, ან ცხოველთა საკვებიდან და სხვ. უნდა განზავდეს 9 მლ სტერილურ გამხსნელში (0.9% ფიზიოლოგიური ხსნარი ან პეპტონის წყალი). ეს იქნება 1/10 ან 10-1 ანუ განზავება. შემდგომ, ამ განზავებიდან 1 მლ გადააქვთ 9 მლ გამხსნელში

და სინჯარებს გულდასმით შეანჯღრევენ. მიიღება განზავება 1/100, ან 10-2, ან -2. ეს პროცედურა მეორდება მანამდე, სანამ არ მიიღებენ სასურველ განზავებას (მაგალითად, -3 და -4). -3 განზავების მქონე სინჯარიდან ნიმუშის 0.1 მლ პიპეტით გადააქვთ მყარ ნიადაგიან პეტრის ფინჯანზე და თანაბრად ანაწილებენ სტერილური მარყუჟის გამოყენებით. ფინჯანზე აღნიშნავენ -4 განზავებას. იგივე პროცედურას იმეორებენ -4 განზავების მქონე სინჯარიდან და ამ შემთხვევაში ფინჯანზე განზავება აღინიშნება -5. აღწერილი პროცედურა მოცემულია.




სერიული განზავების მეთოდი გამოყენებული ნიმუშში ბაქტერიების რაოდენობის განსასაზღვრავად

შემდგომ ფინჯნებს ათავსებენ თერმოსტატში და ინკუბაციის შემდეგ ითვლიან კოლონიებს. კოლონიების წარმომქმნელი ერთეულების (CFUs)[1] გამოთვლა საწყისს ნიმუშში ხდება ქვემოთ მოცემული ფორმულის საშუალებით.

სურათზე მოცემული კოლონიების დათვლით შეგვიძლია გამოვთვალოთ მიკრო-

მიკროორგანიზმთა რაოდენობა =

$$\frac{\Sigma c}{(n1 + 0.1n2)d}$$

∑c = დათვლილი კოლონიების ჯამი
$n_1$ = პირველი განზავების მქონე ფინჯნების რაოდენობა
$n_2$ = მეორე განზავების მქონე ფინჯნების რაოდენობა
d = განზავების ფაქტორი, რომელიც შეესაბამება პირველ განზავებას

შედეგების გამოთვლა ხდება მეასედების სიზუსტით
შედეგები გამოითვლება g-1 აერობული საკვლევი მასალის მთლიანი რაოდენობიდან

[1] CFU ხშირად განიხილება, როგორც ერთი ბაქტერია ან სპორა, მაგრამ პრაქტიკაში არ არის ცნობილი კოლონია წარმოიქმნა უჯრედების ჯგუფის მიერ თუ ერთი უჯრედის მიერ. ამიტომ, ვსაუბრობთ CFU-ზე და არა უჯრედებზე..

ორგანიზმთა რაოდენობა საწყის ნიმუშში (თუ ჩავთვლით, რომ თითოეული მიკრო-ორგანიზმი იძლევა ცალკე კოლონიას):

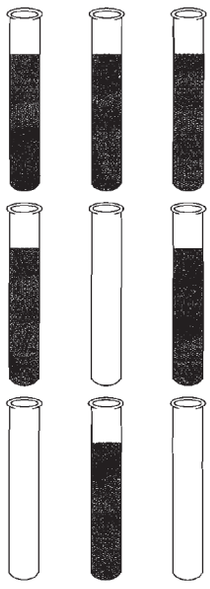
$(65 + 6)/[(1 + 0.1) \times 10^{-4}]$ or $(71/1.1) \times 10^{4} = 64.5 \times 10^{4}$ ან $6.5 \times 10^{5}$CFU/ml.

განზავების ფაქტორი ამ შემთხვევაში არის $10^{-4}$. პრაქტიკაში, ზუსტი, საიმედო პასუხის მისაღებად, თითოეული განზავებისათვის იყენებენ ორ-ორ ფინჯანს და ასევე იქცევიან საბოლოო გამოთვლის დროსაც.

ზოგჯერ ხდება ამ მეთოდის მოდიფიცირება, რომლის დროსაც ნიმუშის ერთ მლ-ს ურევენ 9 მლ გამღვალ აგარში (+ 45°C) და ასხამენ პეტრის ფინჯანზე. აგარის გამყარების შემდეგ ფინჯნებს ათავსებენ თერმოსტატში და ინკუბაციის შემდგომ ითვლიან კოლონიებს. ამ შემთხვევაში განზავებები ფინჯნებსა და სინჯარებში ერთი და იგივეა. ტესტის ასეთი ვარიანტი გამოსადეგია იმ შემთხვევაში, როდესაც მოსალოდნელია, ნიმუშში CFU-ს დაბალი რაოდენობა.

## ყველაზე მეტად სავარაუდო რიცხვთა მეთოდი - MPN

როდესაც მიკროორგანიზმთა რაოდენობა ნიმუშში ძალიან დაბალია, გამოიყენება ყველაზე მეტად სავარაუდო რიცხვთა მეთოდი. ამ მეთოდით ხდება წყლის ხარისხობრივი ანალიზი.




321 შედეგების ილუსტრაცია MPN-ს განსაზღვრისას. მუქი სინჯარები გვიჩვენებს მიკრობების ზრდას. 10-1, 10-2 და 10-3 საწყისი ნიმუშის განზავების აღმნიშვნელია.

ეს მეთოდი ემყარება სერიულ განზავებას. ამ დროს ტარდება სამსაფეხურიანი განზავების ტიპიური პროცედურა. თითოეული განზავებისას სამი სუბკულტურის მიღება ხდება 1 მლ ნიმუშის შეტანით 9 მლ საკვებ ნიადაგში. თერმოსტატში ინკუბაციის შემდეგ ითვლიან იმ სინჯარების რაოდენობას, რომლებშიც ადგილი ჰქონდა ბაქტერიების ზრდას (ანუ მოხდა გამჭვირვალე ნიადაგის შემღვრევა). თუ ყველა განზავების ყველა სინჯარაში მოხდა შემღვრევა, მაშინ შედეგი აღინიშნება, როგორც 333, თუ თითოეულ განზავებაში მხოლოდ ერთი სინჯარა შეიმღვრა, მაშინ 111, ხოლო თუკი შემღვრეული სინჯარების რაოდენობაა 3,2,1, მაშინ შედეგი იქნება 321 და ა.შ. ყველაზე მეტად სავარაუდო რიცხვები, რომლებიც დაკავშირებულია სხვადასხვა შედეგებთან, მოცემულია ცხრილში. ასე მაგ.: შედეგი 321 აჩვენებს, რომ საწყის ნიმუშში ბაქტერიების ყველაზე მეტად სავარაუდო რიცხვი იყო 150 მლ. MPN ცხრილები შესულია ოფიციალურ ჰიგიენურ სტანდარტებში.

## მიკრობთა იდენტიფიკაცია

ლაბორატორიაში მიკროორგანიზმის სუფთა კულტურის მიღების შემდეგ უნდა მოხდეს მისი იდენტიფიცირება. სოკოვანი და ბაქტერიული კოლონიები ერთმანეთისგან ადვილი გასარჩევია. გამოცდილ მიკრობიოლოგს უკვე სუფთა კულტურის ზრდის მიხედვით შეუძლია მოგვცეს მიკრობის საკმაოდ ზუსტი იდენტიფიკაცია (აერობი ან ანაერობი, ზრდის ოპტიმალური ტემპერატურა, კოლონიის ტიპი და სხვ.), ხოლო მიკროსკოპირებისას განსაზღვროს უჯრედის ტიპი (ჩხირები თუ კოკები, გრამ-დადებითი თუ გრამ-უარყოფითი, სპორის წარმომქმნელი და სხვ.). ბაქტერიების იდენტიფიცირება ბევრად უფრო სარწმუნოა, თუ სუფთა კულტურის მისაღებად გამოიყენება სელექციური ან სადიფერენციაციო-სადიაგნოსტიკო ნიადაგები.

ძაფისებრი სოკოების იდენტიფიცირება ბევრად უფრი რთულია და საჭიროებს გამოცდილი სპეციალისტის ჩარევას.

ჩვეულებრივ ბაქტერიათა საბოლოო იდენტიფიკაციისათვის გამოიყენება ბიოქიმიური ტესტები, რომლებიც ემყარება ბაქტერიების უნარს დაშალონ სხვადასხვა შაქრები. ამ შრომატევადი ლაბორატორიული ტესტების ჩატარება დღეისათვის ბევრად გამარტივებულია კომერციულად ხელმისაწვდომი სპეციალური ნაკრებების (kit) საშუალებით. მაგ. API სისტემები მოწოდებული bio Mérieux, France-ს მიერ.

შაქრების ფერმენტაციის და რამდენიმე ფიზიოლოგიური ტესტის საშუალებით შესაძლებელია ბაქტერიების წინასწარი იდენტიფიკაცია, თუმცა საკმაოდ რთულია ახლომონათესავე სახეობების გარჩევა. მსგავსი სისტემები გამოიყენება საფუარის სოკოებისთვისაც.

მოლეკულური ბიოლოგია და PCR (პოლიმერაზულ-ჯაჭვური რეაქცია) ტექნოლოგია სულ უფრო და უფრო ფართოდ გამოიყენება ძირითადად ბაქტერიების და ამავე დროს საფუარის და ძაფისებრი სოკოების უტყუარი იდენტიფიკაციისათვის.

## კვების ჰიგიენა და მარეგულირებელი მიკრობიოლოგია

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ზოგიერთ ბაქტერიას შეუძლია კვებითი მოშხამვის გამოწვევა, მაგრამ არაპათოგენური ბაქტერიების ჭარბმა ზრდამაც შეიძლება იმოქმედოს პროდუქტის ხარისხზე და შეცვალოს მისი ორგანოლეპტიკური თვისებები. ამ მიზეზებიდან გამომდინარე არსებობს რიგი ეროვნული და საერთაშორისო რეკომენდაციებისა, რათა უზრუნველყონ საკვები პროდუქტის მიკრობიოლოგიური ხარისხი და საიმედობა.

თუმცა ეს რეკომენდაციები შეიძლება გარკვეულწილად შეიცვალოს სხვადასხვა რეგიონში. ჩვეულებრივ ისეთი პათოგენური ბაქტერიების მიმართ, როგორიცაა Salmonel-

la, აღინიშნება ნულოვანი ტოლერანტობა, ხოლო სხვა ტიპის მიკროორგანიზმებისთვის არსებობს საზღვრები ანუ საკონტროლო წერტილები (ე.წ.CFU limits/g).

ოფიციალური მიკრობიოლოგიური სახელმძღვანელოს მაგალითს წარმოადგენს ცხრილში მოცემული ამონარიდი ევროკავშირის 2073/2005 დადგენილებიდან „საკვები პროდუქტების მიკრობიოლოგიური კრიტერიუმების შესახებ". მოცემული ცხრილი ეხება Listeria monocytogenes არსებობას მზა საკვებ პროდუქტებში (თევზისა და ზღვის პროდუქტების ჩათვლით). მაქსიმალური ზღვრული რაოდენობაა 100 CFU/g. გამოსაკვლევი ნიმუშების რაოდენობა (n) არის 5. კვლევა უნდა ჩატარდეს ENISO 111290-2 მიკრობიოლოგიური სტანდარტით.

**ევროკავშირის მიკრობიოლოგიური სტანდარტის მაგალითი, რომელიც ეხება იმ საკვებ პროდუქტებს, რომლებშიც ხდება Listeria monocytogenes -ის ზრდა (გარდა ჩვილ ბავშვთა და სპეციალური სამედიცინო მიზნებისთვის განკუთვნილი საკვებისა)**

| საკვების კატეგორია | მიკროორგანიზმები/ მათი ტოქსინები/ მეტაბოლიზმის პროდუქტები | საკვლევი ნიმუშები | | ზღვარი | | ანალიზური მეთოდი | სტადია, როდესაც ხდება კრიტერიუმის |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | c | Vm | M | | |
| მზა საკვები პროდუქტი, რომელშიც იზრდება L. monocytogenes, გარდა ჩვილ ბავშვთა და სპეციალური სამედიცინო მიზნებისთვის განკუთვნილი საკვებისა | Listeria monocytogenes | 5 | 0 | 100 cfu/g | | ENISO 11290 -2 | გასაყიდად გატანილი ვარგისიანობის ვადის მქონე პროდუქტები |

ნაკლებად პათოგენური მიკროორგანიზმების შემთხვევაში წესები იძლევა შედარებით უფრო მეტი ლავირების საშუალებას ქვედა ცხრილი. მაგ.: თერმულად დამუშავებული რძისა და შრატისგან დამზადებული ყველის შემთხვევაში წესები Escherichia coli-სთვის არის შემდეგი:

**ევროკავშირში მიღებული მიკრობიოლოგიური კრიტერიუმები ზოგიერთი სახეობის ყველისთვის**

| საკვების კატეგორია | მიკროორ-განიზმები/ მათი ტოქსინები/ მეტაბოლი-ზმის პროდუქტები | საკვლევი ნიმუშები | | ზღვარი | | ანალი-ზური მეთოდი | სტადია, როდესაც ხდება კრიტე-რიუმის გამოყენება | მირებული ზომები არადამა-კმაყოფი-ლებელი შედეგების შემთხვე-ვაში |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | c | m | M | | | |
| თერმულად დამუშავე-ბული რძისა და შრატისგან დამზადე-ბული ყველი | E. coli | 5 | 2 | 100 cfu/g | 1000 cfu/g | ISO 16649-1 or 2 | პროდუქტის წარმოების პროცესში, როდესაც მოსალო-დნელია E. coli-ის ყველაზე მაღალი რაოდენობა | ნედლეულის შერჩევისა და წარმოე-ბის ჰიგიენის გაუმჯობე-სება |

მოცემულ შემთხვევაში გამოყენებულია ორი ზღვარი 100 cfu/g და 1000 cfu/g, უნდა ჩატარდეს კვლავ ხუთი ნიმუშის ანალიზი, მაგრამ ამ შემთხვევაში მხოლოდ ორს (მოცემულს „c” გრაფაში) შეუძლია გადააჭარბოს მინიმალურ საკონტროლო წერტილს (m, 100 cfu/ml) და არცერთს მაქსიმალურ ზღვარს (M) 1000 cfu/g.

ნაკლებად პათოგენური მიკროორგანიზმების შემთხვევაში ორი ზღვარის გამო-ყენების მიზეზს წარმოადგენს მეთოდოლოგიის თანამდევი უზუსტობა, განსაკუთრებით დაბალი cfu მნიშვნელობების დროს და ამავე დროს მეტ-ნაკლებად გავრცელებული მიკროორგანიზმების მთლიანად გამორიცხვის სირთულე.

ოფიციალური რეკომენდაციების გარდა, ბევრ საწარმოში არის ხარისხის კონ-ტროლის საკუთარი შიდა კრიტერიუმები, რომლებიც შეიძლება იყოს უფრო მკაცრი.

დღეისათვის, მრავალი საწარმო იყენებს Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) სისტემას, როგორც ხარისხის კონტროლის ერთ-ერთ ნაწილს. ევროკავშირში მიღებულ ამ სისტემაში განსაზღვრულია პროცესის მიკრობიოლოგიურად ყველაზე მგრძნობიარე სტადიები (კრიტიკული საკონტროლო წერტილები) და მათთვის შემო-ღებულია კონტროლის გარკვეული წესები.

უსაფრთხოების მიკრობიოლოგიური ან სხვა კრიტერიუმები, დამოკიდებულია წარ-მოების პროცესზე, პროდუქტის ხარისხზე და სხვ., და ანალოგიურად გამოყენებულ კრიტიკულ საკონტროლო წერტილებზე.

### საკვების მიკრობიოლოგიური ანალიზის პრაქტიკული მაგალითები

საკვებ პროდუქტებზე წარმოებული მიკრობიოლოგიური ანალიზებიდან ყველაზე გავრცელებულია აერობულ პირობებში ინკუბირებული ფინჯნების სრული რაოდენობის განსაზღვრა, რომელიც დამყარებულია სერიული განზავების მეთოდზე და იძლევა CFUs /gram სრულ რაოდენობას საკვლევ ნიმუშში აერობული ზრდის პირობებში 30°C ტემპერატურაზე. ამას ხშირად თან ახლავს ანალიზი გარკვეული ჯგუფის ბაქტერიებისა, როგორიცაა: VRBG აგარზე გაზრდილი Enterobacteriacea და coliform-ები. თუმცა, ბევრ შემთხვევაში საჭიროა დარწმუნება, რომ საკვები პროდუქტის საკვლევ ნიმუშში არ არის დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმი, ამ მიზნით იყენებენ გამდიდრების მეთოდს, რაც არის მოცემული ქვემოთ მოყვანილ ორ მაგალითში.

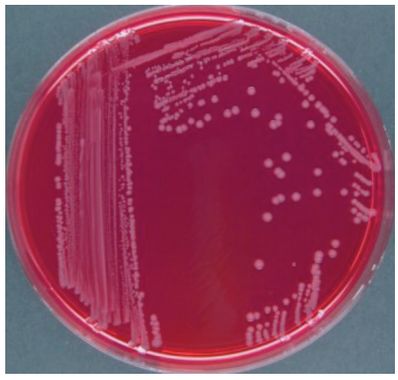
### Salmonella-ს გამდიდრების მეთოდი ცხოველური წარმოშობის საკვებ პროდუქტებში

Salmonella enterica წარმოადგენს საკვების ერთ-ერთ სერიოზულ პათოგენურ მიკროორგანიზმს, რომელსაც ტიპიური გასტროენტერიტის გარდა, შეუძლია გამოიწვიოს მძიმე დაავადება. არსებობს რამდენიმე სტანდარტი, რომლების მეშვეობითაც დგინდება ნიმუშში Salmonella-ს არსებობა ან არარსებობა. ჩვეულებრივ, პირველ საფეხურს წარმოადგენს არაშერჩევითი გამდიდრება, რაც გულისხმობს, რომ ჰიგიენური რისკის გამომწვევი Salmonella-ს რამდენიმე უჯრედს აქვს გაზრდის საშუალება. ამისათვის საკვლევი ნიმუშის 25 გ-ს ურევენ 225 მლ ბუფერულ პეპტონის წყალში (BPW-ნიადაგი, რომელიც საშუალებას იძლევა ბაქტერიების ფართო სპექტრის გაზრდისა) და აინკუბირებენ 37°C მთელი ღამით.

ამ არაშერჩევითი წინასწარ გამდიდრებული კულტურის 1 მლ-ს გადაიტანენ 10მლ სელექციურ (შერჩევით) ნიადაგზე (მაგ.: ნატრიუმის ტეტრათიონატის ბულიონი) ან 0.1 მლ სხვა სელექციურ ბულიონში - Rappoport-Vassiliadis Soy-Peptone ბულიონი (RVS-ბულიონი). საწყისი ნიადაგი შეიცავს ტეტრათიონატს და მალაქიტის მწვანეს, როგორც სპეციალურ სელექციურ კომპონენტს. ინკუბაცია გრძელდება 37°C (ტეტრათიონატიანი ბულიონი) ან 41°C(RVS-ბულიონი) მთელი ღამით.

ამ სელექციური გამდიდრებული კულტურებიდან იღებენ (10 µl) და სტერილური მარყუჟით მასალას ანაწილებენ სელექციურ აგარზე, ან Xylose Lysine Desoxycholate (XLD) ან Brilliant Green (BGA)-ზე. ფინჯნების ინკუბაცია ხდება 37 °C მთელი ღამით.

Salmonella-ს ტიპიური კოლონიები ამ ორ აგარზე მოცემულია სურათზე.



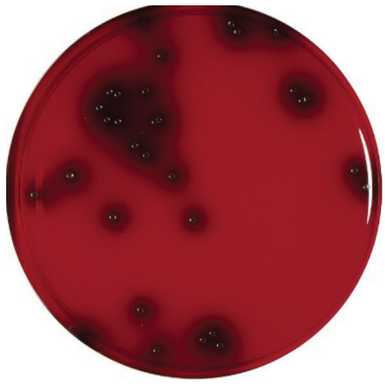
Salmonella-ს კოლონიები A ) XLD აგარზე (შავი კოლონიები ) და B) BGA აგარზე (უფერული კოლონიები).

თუმცა ზემოთ აღწერილი სუფთა კულტურის გამოყოფა საკმაოდ დამაჯერებლად ადასტურებს საკვლევ ნიმუშში Salmonella-ს არსებობას, Salmonella-ს სხვადასხვა ვარიანტების მიმართ ხშირად იყენებენ სეროლოგიურ ტესტებს. ასევე გამოიყენება Salmonella-სპეციფიური PCR მეთოდი.

Listeria monocytogene-ის გამდიდრების მეთოდი

Listeria monocytogenes წარმოადგენს საკვების ერთ-ერთ სერიოზულ პათოგენურ მიკროორგანიზმს, რომელიც იწვევს კვებით მოშხამვებს, სისტემურ დაავადებებს, მენინგიტს და აზიანებს ნაყოფს. ამიტომ მისი შემცველობის განსაზღვრა ხდება ზოგიერთ საკვებ პროდუქტში და უმეტეს შემთხვევაში ეს აუცილებელი მოთხოვნაა. არსებობს რამდენიმე გამდიდრების მეთოდი, ერთ-ერთი მათგანი ISO 11290 მეთოდი აღწერილია ქვემოთ.

Listeria monocytogenes-ისთვის არ გამოიყენება არაშერჩევითი წინასწარი გამდიდრების მეთოდი, ამ შემთხვევაში ნიმუშის 25 გ ურევენ ე.წ. ნახევარი ძალის მქონე შერჩევით ნიადაგში (Fraser-ის ნიადაგი), რომელიც შეიცავს აკრიფლავინისა და ნალიდიქსინის მჟავებს, როგორც სელექციურ კომპონენტებს და აინკუბირებენ 24 სთ 30°C. შემდგომ ამ ბულიონის 1მლ გადაიტანენ ე.წ. სრული ძალის მქონე Fraser-ის ბულიონში. შერჩევითი კომპონენტების გარდა, Fraser-ის ბულიონი შეიცავს ესკულინს, რომელიც ჰიდროლიზდება Listeria monocytogenes-ის მიერ და ბულიონი იღებს მუქ შეფერილობას. შემდგომი 24 სთ-იანი ინკუბაციის შემდეგ ამგვარად გამდიდრებულ ბულიონს გადაიტანენ Oxford და PALCAM შერჩევით აგარზე. ორივე მათგანი შეიცავს აკრიფლავინს და მის კომბინაციებს სხვა სელექციურ კომპონენტებთან, რაც ხელს უწყობს Listeria-ს ზრდას.



Listeria monocytogenes-ის ტიპიური კოლონიები PALCAM აგარზე

Listeria monocytogenes-ის ტიპიური კოლონიები PALCAM აგარზე მოცემულია სურათზე.

## დასკვნითი შენიშვნები

პროდუქტების, თევზისა და ზღვის პროდუქტების მიკრობიოლოგიურ ექსპერტიზას აქვს უდიდესი მნიშვნელობა საკვების უსაფრთხოებისათვის. ამ თავში განხილული მეთოდები იძლევიან წარმოდგენას კვების მიკრობიოლოგიის ლაბორატორიებში მიმდინარე პრაქტიკის შესახებ. ისინი უფრო და უფრო იხვეწება მოლეკულურ-ბიოლოგიური მეთოდების დამატებით, მაგ.: PCR მეთოდის გამოყენება იდენტიფიკაციის მიზნით ან ფინჯანზე კულტივირების ნაცვლად გამდიდრების საფეხურის შემდეგ.

ბევრი მიკრობიოლოგიური პროცედურისთვის არსებობს გარკვეული ოფიციალური სტანდარტი დეტალური ინსტრუქციებით, თუ როგორ უნდა ჩატარდეს ანალიზი. კვებითი მიკრობიოლოგიის ტექნიკური და მარეგულირებელი ასპექტები სწრაფად ვითარდება და მომავალში მოსალოდნელია გაცილებით უფრო მეტი დახვეწილი და ავტომატიზებული მოწყობილობების გამოჩენა კონტროლის ლაბორატორიებში. თუმცა კვების მიკრობიოლოგიის ფუნდამენტური ასპექტები: მიკრობების დათვლა, მათი იდენტიფიკაცია და დაავადების და ლპობის გამომწვევი ორგანიზმების დიაგნოსტიკა კვლავ რჩება ყოველდღიური მუშაობის ძირითად პრინციპად.

## პრაქტიკული დავალება:

1. სინჯის მომზადება მიკრობიოლოგიური ანალიზების ჩასატარებლად
2. სინჯის დათესვა
3. რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარება
4. ბიოქიმიური ანალიზის ჩატარება
5. პრეპარატის მომზადება მიკროსკოპირებისთვის

## კითხვები:

საკვლევი მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების განსაზღვრის მეთოდები

სინჯის მოსამზადებლად საჭირო ხსნარების მომზადების წესი.

უსაფრთხოების წესები ნიმუშის და საკვლევი მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების სპეციფიკიდან გამომდინარე

საწყისი სინჯის pH-ის დადგენის წესი

საწყისი და მომდევნო „განზავებების" მომზადების წესი

საწყისი სინჯის ჰომოგენიზაციის მეთოდები

სურსათის უვნებლობის მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები თევზისა და ზღვის პროდუქტებისათვის

მიკრობიოლოგიური ანალიზების ჩატარების მეთოდები ცოცხალი და ნედლი თევზის, ნახევარფაბრიკატების და მზა პროდუქტების ნიმუშებისათვის;

მიკრობიოლოგიური კვლევის მეთოდები;

საკვლევი პარამეტრების მიხედვით საკვები არეების შერჩევის და მომზადების წესი

რაოდენობრივი და თვისობრივი ანალიზების ჩასატარებლად სინჯის დათესვის მეთოდები:

წყლის სინჯების დათესვის წესი

✔ მკვრივ და თხიერ საკვებ ნიადაგებზე მიკრობების ზრდა

თერმოსტატირების წესი

ბიოქიმიური ანალიზის ჩატარების თანმიმდევრობა

პრეპარატის მომზადების თანმიმდევრობა და წესები

შეღებილი პრეპარატის მომზადება მარტივი და რთული ხერხით

პრეპარატის მიკროსოპირება იმერსიული სისტემით

პრეპარატის შეღებვის წესები

# თავი 7 თევზის/ზღვის პროდუქტების და თევზის საარსებო გარემოს ინსტრუმენტული ანალიზების ჩატარება

*ამ თავის შესწავლის შემდეგ სტუდენტს შეეძლება თევზის/ზღვის პროდუქტების, თევზის საკვების და თევზის საარსებო გარემოს ინსტრუმენტული ანალიზების ჩატარების არსის, პრინციპებისა და თანმიმდევრობის აღწერა; სპექტროსკოპული, პოტენციომეტრული, კონდუქტომეტრული ანალიზიების ჩატარება და ქრომატოგრაფიული ანალიზის ჩატარებაში მონაწილეობა.*

## შესავალი

ინსტრუმენტული ანალიზი მოიცავს:

- გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასებას, რაც ბუნებრივი ობიექტების - ჰაერის, ზედაპირული წყლების, ყინულის საფარის, ნიადაგის, მცენარეების მდგომარეობისა და დაბინძურების ხარისხის ანალიზურ კონტროლს (მონიტორინგს) გულისხმობს;
- სურსათის უვნებლობის ამოცანების გადაწყვეტას, რაც სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების, ცხოველური და მცენარეული წარმოშობის საკვები პროდუქტების, ცხოველთა საკვების, სასმელი წყლის ანალიზსა და კონტროლს მოიაზრებს;
- საყოფაცხოვრებო და სხვა სამრეწველო პროდუქციის ხარისხისა და უვნებლობის პარამეტრების ანალიზს;
- ხარისხის კონტროლს ფარმაცევტულ წარმოებაში;
- სამედიცინო და ფარმაკოკინეტიკური ამოცანების შესრულებას;
- არქეოლოგიურ კვლევაში შესაბამისი ანალიზების განხორციელებას.

ბუნებრივი საანალიზო მატრიცები ურთულეს საანალიზო ობიექტებს წარმოადგენენ, მათ შორის საანალიზო პარამეტრების რაოდენობის და საანალიზო ნიმუშში საძიებელი კომპონენტების ძალზე მცირე კონცენტრაციის (მემილიონედის და მემილიარდედის რიგისა, ანუ ppm ან ppb კონცენტრაციით) გამო.

ტერმინი „ანალიზის ინსტრუმენტული მეთოდები” გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან გამოიყენება იმ საანალიზო მეთოდების მიმართ, რომლებიც მრეწველობის მიერ სერიულად წარმოებული სპეციალიზებული აპარატურის გამოყენებას ეფუძნება და რომელიც თავის მხრივ ნიმუშების მომზადების პროცესის გამარტივების, გაზომვების ავტომატიზაციისა და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით, ანალიზის შედეგების დამუშავების საშუალებას იძლევა. ამჟამად ინსტრუმენტული ანალიზი ანალიზური ქიმიისა და ფიზიკის ერთ-ერთ თანამედროვე და ინტენსიურად განვითარებად მიმართულებას წარმოადგენს.

თანამედროვე სამყაროში ანალიტიკოსების კვალიფიკაციის მიმართ მოთხოვნები მუდმივად იზრდება. ანალიტიკოსი არა მხოლოდ ანალიზური ქიმიის, ტექნიკისა და საანალიზო მეთოდების შესახებ ცოდნას უნდა ფლობდეს, არამედ კარგად იცოდეს მათემატიკური სტატისტიკაც, რაც აუცილებელია ანალიზის ხარისხის უზრუნველყოფად, ცთომილებების თავიდან ასაცილებლად და აგრეთვე მცდარი შედეგების მიზეზების გამოსავლენად.

### ანალიზის ინსტრუმენტული მეთოდების ძირითადი მახასიათებლები

მრავალფეროვნების გამო, ანალიზის ინსტრუმენტული მეთოდები უზრუნველყოფენ გაზომვების სათანადო სელექტიურობას. განსასაზღვრი კომპონენტების კონცენტრაციის ფართო დიაპაზონში ეს მეთოდები მაღალი მეტროლოგიური მაჩვენებლებით ხასიათდებიან. რადგანაც ანალიზის თანამედროვე მეთოდები არ არის უნივერსალური, ამიტომ კონკრეტული ამოცანის შესასრულებლად მეთოდის შერჩევას საფუძვლიანი და დასაბუთებული მიდგომა ესაჭიროება. სხვადასხვა ანალიზური მეთოდის შედარებისას, გასათვალისწინებელია მთელი რიგი იმ მაჩვენებლებისა, რომლებიც მეთოდის მახასიათებლებს წარმოადგენენ.

ინსტრუმენტული მეთოდები მოიცავს როგორც თანამედროვე მაღალი წარმადობის მრავალელემენტური ანალიზის მეთოდებს, რომლებიც თავის მხრივ რთულ და ძვირადღირებულ ტექნიკას და მაღალკვალიფიციურ მომსახურე პერსონალს მოითხოვენ, ასევე დიდი ხნის ნაცნობ, შედარებით მარტივ და იაფ მეთოდებსაც, რომელთა მოდერნიზაციაც პერმანენტულად გრძელდება. თუ პირველნი მაღალ, ერთჯერად ხარჯებს (აღჭურვილობის მაღალი ღირებულება) მოითხოვენ, მეორენი შედარებით დიდ მიმდინარე ხარჯებს (შრომის დიდ დანახარჯებს) საჭიროებენ. სერიული და დიდი რაოდენობის ანალიზების შემთხვევაში, მიზანშეწონილია ერთჯერადი ხარჯების გაღება და თანამედროვე მაღალი წარმადობის ტექნიკის შეძენა, მაგრამ მცირე რაოდენობის ანალიზების შესრულება შედარებით იაფი აღჭურვილობითაა უპრიანი.

### ნივთიერებათა ანალიზის ინსტრუმენტული მეთოდები და მათი კლასიფიკაცია გასაზომი პარამეტრისა და გაზომვის მეთოდის მიხედვით

ინსტრუმენტული (ფიზიკურ-ქიმიური) მეთოდების კლასიფიკაციის ერთ-ერთ მიდგომას საფუძვლად უდევს საანალიზო სისტემის გასაზომი ფიზიკური პარამეტრის ბუნება და მისი გაზომვის გზა. ამ პარამეტრის სიდიდე ნივთიერების რაოდენობის ფუნქციაა. აქედან გამომდინარე, ყველა ინსტრუმენტული მეთოდი 5 დიდ ჯგუფად იყოფა:

- ელექტროქიმიური;
- ოპტიკური;
- ქრომატოგრაფიული;
- რადიომეტრული;
- მას-სპექტრომეტრული.

ანალიზის **ელექტროქიმიური მეთოდები** საანალიზო ნივთიერებების ელექტროქიმიურ თვისებებს ეფუძნება. მათ მიეკუთვნება:

- ელექტროგრავიმეტრული მეთოდი - საანალიზო ხსნარში დენის გავლისას ელექტროდზე გამოყოფილი საანალიზო ნივთიერების ან მისი შემადგენელი კომპონენტების მასის ზუსტ გაზომვას ეფუძნება;
- კონდუქტომეტრული მეთოდი - ეფუძნება ხსნარების ელექტროგამტარობის გაზომვას, რომელიც მიმდინარე ქიმიური რეაქციების შედეგად იცვლება და დამოკიდებულია ელექტროლიტის თვისებებზე, მის ტემპერატურაზე და აგრეთვე გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაციაზე;
- პოტენციომეტრული მეთოდი - ეფუძნება ელექტროდის პოტენციალის გაზომვას, რომელიც საანალიზო ნივთიერებაშია ჩაშვებული. პოტენციომეტრის მეშვეობით განხორციელებადი მუდმივი გაზომვის პირობებში, ელექტროდის პოტენციალი ხსნარში შესაბამისი იონების კონცენტრაციაზეა დამოკიდებული;
- პოლაროგრაფიული მეთოდი - ეფუძნება კონცენტრაციული პოლარიზაციის მოვლენას, რომელიც ელექტროლიტის საანალიზო ხსნარში ელექტრული დენის გატარებისას, მცირე ზედაპირის მქონე ელექტროდზე წარმოიქმნება;
- კულონომეტრული მეთოდი - ეფუძნება იმ ელექტრობის რაოდენობის გაზომვას, რომელიც ნივთიერების განსაზღვრული რაოდენობის ელექტროლიზზე იხარჯება. მეთოდს საფუძვლად ფარადეის კანონი უდევს.

ანალიზის **ოპტიკური მეთოდები** საანალიზო ნაერთების ოპტიკურ თვისებებს ეფუძნება. მათ მიეკუთვნება:

- ემისიური სპექტრული ანალიზი - ეფუძნება ხაზოვანი სპექტრების დაკვირვებას, რომლებსაც გაზის სანათის ალსა ან ელექტრულ რკალში გახურებული საანალიზო ნივთიერებების აირები ასხივებენ. მეთოდი ნივთიერებათა ელემენტური შემადგენლობის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა;
- აბსორბციული სპექტრული ანალიზი სპექტრის ულტრაიისფერ, ხილულ და ინფრაწითელუბანში.ასხვავებენსპექტროფოტომეტრულდაფოტოკოლორიმეტრულ

მეთოდებს. სპექტროფოტომეტრული მეთოდი ნივთიერების შთანთქმის მრუდის მაქსიმუმის შესაბამის ტალღის სიგრძის მქონე სინათლის (მონოქრომატული გამოსხივება) შთანთქმის გაზომვას ეფუძნება. ფოტოკოლორიმეტრული მეთოდი სპექტრის ხილულ უბანში ფოტოკოლორიმეტრში სინათლის შთანთქმის გაზომვას ან შთანთქმის სპექტრის დადგენას ეფუძნება;

- რეფრაქტომეტრია - სინათლის გარდატეხის კოეფიციენტის გაზომვას ეფუძნება;
- პოლარიმეტრია - სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყის ბრუნვის გაზომვას ეფუძნება;
- ნეფელომეტრია - ხსნარში შეწონილი უფერული ნაწილაკების მიერ სინათლის არეკვლის ან გაბნევის მოვლენას ეფუძნება. მეთოდი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ხსნარში შეწონილი სახით არსებული ნივთიერების ძალზე მცირე რაოდენობა;
- ტურბიდიმეტრია - ხსნარში შეწონილი შეღებილი ნაწილაკების მიერ სინათლის არეკვლის ან გაბნევის მოვლენას ეფუძნება. მეთოდი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ხსნარში შეწონილი სახით არსებული ნივთიერების ძალზე მცირე რაოდენობა;
- ლუმინისცენტური ან ფლუორესცენტული ანალიზი - ულტრაიისფერი სინათლით დასხივებული ნივთიერებების ფლუორესცენციას ეფუძნება. ამ დროს იზომება გამოსხივებული ან ხილული სინათლის ინტენსივობა;
- ალური ფოტომეტრია - საანალიზო ნივთიერებების ხსნარის ალში შეფრქვევას, საანალიზო ელემენტის დამახასიათებელ გამოსხივებას და ამ გამოსხივების ინტენსივობის გაზომვას ეფუძნება. მეთოდი ტუტე, ტუტემიწა და ზოგიერთი სხვა ელემენტის საანალიზოდ გამოიყენება.

ანალიზის **ქრომატოგრაფიული მეთოდები** არჩევითი ადსორბციის მოვლენებს ეფუძნება. მათ მიეკუთვნება:

- თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია;
- გაზური ქრომატოგრაფია;
- სითხური ქრომატოგრაფია.

მეთოდი გამოიყენება არაორგანული და ორგანული ნაერთების ანალიზში მათი დაყოფის, კონცენტრირების, ნარევიდან ცალკეული კომპონენტების გამოყოფის, მინარევებისგან გაწმენდის მიზნით.

ანალიზის **რადიომეტრული მეთოდები** მოცემული ელემენტის რადიოაქტიური გამოსხივების გაზომვას ეფუძნება.

ანალიზის **მას-სპექტრომეტრული მეთოდები** ელექტრული და მაგნიტური ველების კომბინირებული ზემოქმედების შედეგად იონიზებული ცალკეული ატომის, მოლეკულის და რადიკალების მასის განსაზღვრას ეფუძნება. დაყოფილი ნაწილაკების რეგისტრაცია ელექტრულად (მას-სპექტრომეტრია) ან ფოტომეტრულად (მას-სპექტროგრაფია) ხორციელდება. ანალიზი მას-სპექტრომეტრის ან მას-სპექტროგრაფის მეშვეობით ტარდება.

წინამდებარე სახელმძღვანელოს ამ თავში ინსტრუმენტული მეთოდებიდან რამდენიმეს დეტალურად განვიხილავთ.

### სპექტროსკოპიის საფუძვლები და სახეები

ცნობილია, რომ ყველა ნივთიერება შედგება მოლეკულებისგან, მოლეკულები – ატომებისგან, ატომებში კი ატომბირთვის გარშემო ელექტრონები მუდმივად მოძრაობენ. მოლეკულების წარმოქმნის ან დაშლის დროს ელექტრონები გადაადგილდებიან სხვადასხვა ენერგეტიკულ დონეზე. თავის მხრივ, ელექტრონების მოძრაობა იწვევს ე.წ. ელექტრომაგნიტური ენერგიის გამოსხივებას ან შთანთქმას, რაც ძალზე სპეციფიურია კონკრეტული მიკრონაწილაკისა (იონები, ატომები, მოლეკულები) და მაკროსკოპული სხეულებისთვის (მაგ. ასტრონომიური ობიექტები). შესაბამისად, სხვადასხვა ნაწილაკისა და სხეულის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება წარმოქმნის მეტად ფართო სპექტრს, რომელიც მოიცავს სხვადასხვა სპექტრულ უბანს – არეს, რომლებიც ხასიათდება შესაბამისი ტალღის სიგრძით:

| სპექტროსკოპიის სახეები: | სპექტრული არეები |
|---|---|
| რენტგენის სპექტროსკოპია | 0,1 – 100 ანგსტრემი (Å) |
| ულტრაიისფერი (UV) სპექტროსკოპია | 180 - 400 ნანომეტრი (nm) |
| ხილული (Vis) სპექტროსკოპია | 400 - 780 ნანომეტრი (nm) |
| ახლო ინფრაწითელი (NIR) სპექტროსკოპია | 780 - 2500 ნანომეტრი (nm)<br>12800 - 4000 სმ$^{-1}$ (cm$^{-1}$) |
| ინფრაწითელი (IR) სპექტროსკოპია | 4000- 400 სმ$^{-1}$ (cm$^{-1}$) |
| ელექტრონული პარამაგნეტიკური რეზონანსი (ESR) | 3 სმ (cm) |
| ბირთვულ–მაგნიტური რეზონანსი (NMR) | 0.6 – 10 მ (m) |

*ფიზიკურ–ქიმიური კვლევის მეთოდს, რომელიც აღნიშნული ელექტრომაგნიტური სპექტრის გამოყენებით შეისწავლის მიკრო და მაკროობიექტებს, სპექტროსკოპია ეწოდება.*

სხვა მეთოდებისგან განსხვავებით, სპექტროსკოპიას ის უპირატესობა გააჩნია, რომ უმეტეს შემთხვევაში საკვლევი ობიეტის შესწავლა შესაძლებელია თავის „საარსებო გარემოში“ სპეციალური, წინასწარი მომზადების გარეშე,.

როგორც აღვნიშნეთ, ყველა სპექტროსკოპული მეთოდი ემყარება საანალიზო ობიექტში არსებული მოლეკულების, ატომებისა და იონების ურთიერთქმედების შედეგად მიღებულ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების უნარს. ეს უნარი კი გამოვლინდება ე.წ. **ფოტონის (ქვანტის)** შთანთქმით ან გამოსხივებით.

თუ კონკრეტული გამოსხივების ყველა ფოტონს (ქვანტს) გააჩნია ერთნაირი ენერგია, მაშინ გამოსხივებას უწოდებენ **მონოქრომატულს,** ხოლო თუ ენერგია განსხვავებულია – **პოლიქრომატულს.**

**სპექტროსკოპულ მოწყობილობას, რომელიც აღჭურვილია მონოქრომატული წყაროთი, უწოდებენ:**

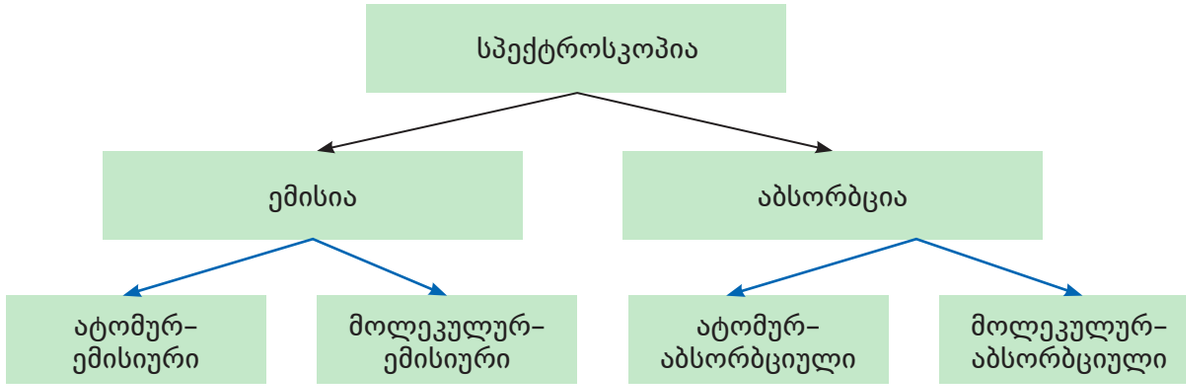
სპექტრომეტრს – სპექტრი რეგისტრირდება ფოტოელექტრონულად;

სპექტროგრაფს – სპექტრი რეგისტრირდება ფოტოგრაფულად;

სტილოსკოპს – სპექტრი რეგისტრირდება ვიზუალურად.

იმის მიხედვით, თუ რომელი ნაწილაკები რეაგირებენ ანალიზურ სიგნალზე (მოწყობილობის საშუალებით მიწოდებულ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებაზე), არჩევენ **ატომური** და **მოლეკულური სპექტროსკოპიის** მეთოდებს, ხოლო ანალიზის მიზნისა და სპექტრის ტიპის მიხედვით კი გამოყოფენ სპექტროსკოპული ანალიზის **აბსორბციულ** და **ემისიურ** მეთოდებს, რომლებიც როგორც ნივთიერების აღმოსაჩენად (ხარისხობრივი ანალიზი), ასევე მისი რაოდენობრივი ანალიზის დროს გამოიყენება.

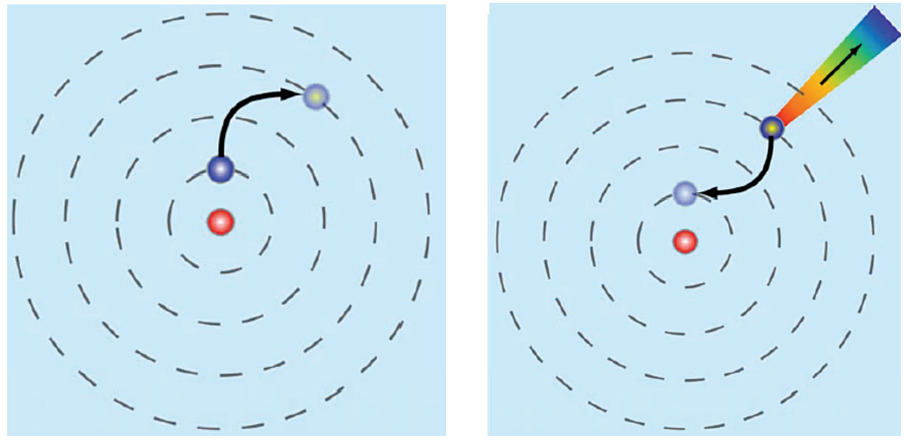
ამ მეთოდების არსი ეფუძნება საკვლევ ნიმუშში არსებული ატომებისა და მოლეკულების მიერ ელექტრომაგნიტური სპექტრის შთანთქმის (აბსორბცია) და გამოსხივების (ემისია) უნარს.




**ემისიურ მეთოდებში** საკვლევი ნიმუში აგზნებისას (ენერგიის მიწოდებისას) გამოასხივებს ფოტონებს (ქვანტებს). ემისიური მეთოდებია: ატომურ–ემისიური სპექტროსკოპია და ლუმინესცენტური ანალიზი.

**აბსორბციული მეთოდების დროს** გარე წყაროდან (მოწყობილობიდან) მიღებული გამოსხივება (ქვანტები) გაივლის ნიმუშში. ამ დროს ქვანტების ნაწილი შერჩევითად შთაინთქმება ნიმუშის ატომების ან მოლეკულების მიერ. მნიშვნელოვანი აბსორბციული მეთოდებია: **ატომურ–აბსორბციული სპექტროსკოპია (AAS)** და მოლეკულურ–აბსორბციული სპექტროსკოპია, ანუ ე.წ. **სპექტროფოტომეტრია** (იგივე ფოტომეტრია).

აბსორბცია და ემისია სქემატურად წარმოდგენილია ქვედა სურათზე:



აბსორბცია ემისია

## სპექტროფოტომეტრია

მოლეკულურ–აბსორბციულ სპექტროსკოპიაში გამოიყენება ულტრაიისფერი (UV), ხილული (Vis) და ინფრაწითელი (IR) სპექტრული არე. შესაბამისი ტალღის სიგრძეები წარმოდგენილია ცხრილში (იხ.ზემოთ).

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, თუ კონკრეტული გამოსხივების ყველა ფოტონს (ქვანტს) ერთნაირი ენერგია გააჩნია, მაშინ გამოსხივებას **მონოქრომატულს** უწოდე-

ბენ, ხოლო თუ ენერგიები განსხვავებულია – **პოლიქრომატულს.**

გამოსხივების ეს ორი ტიპი გამოიყენება სპექტრომეტრიის ორ სხვადასხვა მეთოდში: ფოტომეტრიასა და კოლორიმეტრიაში. აღნიშნული მეთოდების გამოყენებით შესაძლებელია იმ მოლეკულების (ნივთიერებების) იდენტიფიცირება, რომელთაც ახასიათებთ აბსორბციის და ემისიის უნარი. ეს არის საკმაოდ მარტივი საშუალება, რათა დადგინდეს ფერადი ნივთიერებების კონცენტრაციები. თუ ნივთიერება უფეროა და რომელიმე ქიმიური რეაქციით შესაძლებელია მისი შეფერადება, მაშინ ამ ნივთიერების რაოდენობის განსაზღვრაც შესაძლებელი იქნება მოცემული საშუალებებით.

**კოლორიმეტრიისას** პოლიქრომატული გამოსხივების საშუალებით შესაძლებელია შეფერილი ხსნარის კონცენტრაციისა და აბსორბციის დაახლოებითი მნიშვნელობის დადგენა. ამ მეთოდში ფერის სამი ძირითადი კომპონენტის (წითელი, მწვანე, ლურჯი) გაზომვის საფუძველზე, საკვლევი ნიმუშის შეფერილობა რაოდენობრივად ფასდება. კოლორიმეტრიაში გამოიყენება ხილული არის ფიქსირებული ტალღის სიგრძეები. კოლორიმეტრიით იზომება მხოლოდ ნივთიერების მიერ შთანთქმული სინათლის რაოდენობა, რაც შეესაბამება ფერის ინტენსივობას, რომელიც პირდაპირპროპორციულია ნიმუშის კონცენტრაციისა. კოლორიმეტრული ანალიზისას, ნიმუშის შეფერილობას ადარებენ სტანდარტის შეფერილობას, რომლის ფერის რიცხობრივი მნიშვნელობა (ტალღის სიგრძე და შთანთქმის ინტენსივობა) წინასწარ არის ცნობილი.

**ფოტომეტრიისას** გამოიყენება მონოქრომატული გამოსხივება და შესაძლებელია ტალღის სიგრძის ფართო დიაპაზონის გამოყენება: UV, ხილული და IR.

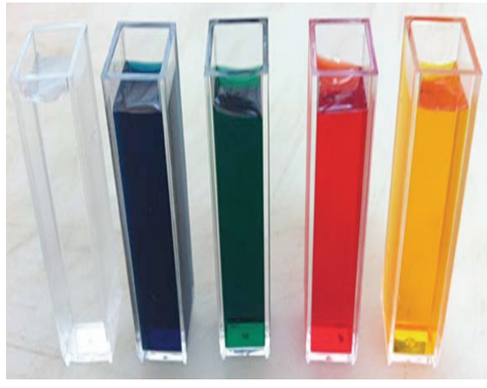
ფოტომეტრი შედგება ორი ძირითადი ნაწილისგან: სპექტრომეტრი, რომელიც შერჩეული ფერის (ტალღის სიგრძის) სინათლის წყაროს წარმოადგენს და ფოტომეტრი, რომლის საშუალებითაც სინათლის ინტენსივობის გაზომვა ხორციელდება.

**სპექტროფოტომეტრით** იზომება სინათლის ის რაოდენობა, რომელიც გადის ნიმუშში, ანუ ისაზღვრება შესული და გამოსული სინათლის რაოდენობა და შესაბამისად, ამ მონაცემების სხვაობით, შესაძლებელია ნივთიერების მიერ შთანთქმული სინათლის რაოდენობა, ანუ ექსტინცია დადგინდეს.

სპექტროფოტომეტრული ანალიზების დროს ნიმუშისთვის გამოიყენება სხვადასხვა ზომისა და მასალისგან (კვარცი, მინა, პლასტმასი) დამზადებული კიუვეტები. მეტად მნიშვნელოვანია, რომ კიუვეტა თავად არ შთანთქავდეს გამოსხივებას და სწორად იყოს შერჩეული კონკრეტული ანალიზისთვის. მინისა და პლასტმასის კიუვეტები გამოიყენება ხილული არის სპექტროფოტომეტრიისას, ხოლო UV-სპექტროფოტომეტრიისას - კვარცის კიუვეტები, ვინაიდან მხოლოდ კვარცის მასალაში არ ხდება UV-სხივების აბსორბცია.

როგორც წესი, კიუვეტების ორი მოპირდაპირე მხარე სრულიად გამჭვირვალეა, ხოლო მოპირდაპირე მხარეების მეორე წყვილი კი დაბურული. კვლევისას გასათვალისწინებელია, რომ კიუვეტას მხოლოდ დაბურულ მხარეებზე შეიძლება შევეხოთ. გამჭვირვალე მხარეს ხელის შეხება დაუშვებელია!

სხვადასხვა ფორმის და ზომის კიუვეტა წარმოდგენილია ქვედა სურათზე:



1 სმ-იანი კიუვეტა შიგთავსით

1 სმ-იანი კიუვეტები შიგთავსის გარეშე

10 სმ-იანი კიუვეტები

სტანდარტიზებულ მეთოდებში ყოველთვის მითითებულია, თუ რომელი სახის კიუვეტის გამოყენებაა ოპტიმალური კონკრეტული ანალიზისთვის.

კიუვეტაში, რომელშიც საკვლევი ნიმუშია მოთავსებული, სინათლის სხივის გავლისას, სინათლის ინტენსივობა კლებულობს, რაც ძირითადად საკვლევი ნიმუშის მიერ სინათლის შთანთქმით არის განპირობებული.

*ნიმუშის მიერ შთანთქმული (აბსორბირებული) ელექტრომაგნიტური გამოსხივების რაოდენობას უწოდებენ - **ექსტინციას**, რაც ამ ნიმუშის კონცენტრაციაზეა დამოკიდებული. ანუ, რამდენადაც მეტია კონცენტრაცია, ნიმუში მით ნაკლები სინათლის გატარებას შეძლებს.*

UV და ხილული სპექტროსკოპიის მეთოდებით რაოდენობრივ ანალიზს საფუძვლად უდევს ექსტინციის, კონცენტრაციის და საკვლევი ნიმუშის სისქის ურთიერთდამოკიდებულება. ეს დამოკიდებულება განისაზღვრება ბუგერ-ლამბერტ-ბერის კანონით:

$E = \varepsilon \cdot c \cdot d$

სადაც:

E - ექსტინცია;

ε - ექსტინციის კოეფიციენტი (კონკრეტული ნივთიერებისთვის მუდმივი სიდიდეა);

c - კონცენტრაცია;

d - ფენის (კიუვეტის) სისქე.

## სპექტროფოტომეტრული მოწყობილობის დაკალიბრება და მისი სიზუსტის კონტროლი

მოწყობილობის ინსტრუქციის და/ან ლაბორატორიული მუშაობის წესების მითითებების საფუძველზე, გარკვეული პერიოდულობის დაცვით (ერთ ან რამდენიმე წელიწადში ერთხელ), სპექტროსკოპულ მოწყობილობას უნდა ჩაუტარდეს დაკალიბრება მეტროლოგიურად მიკვლევადი, სერტიფიცირებული, სტანდარტული შუქფილტრებით, რომლებიც მოწყობილობის გაზომვის შესაძლებლობის სრულ სპექტრს მოიცავენ.

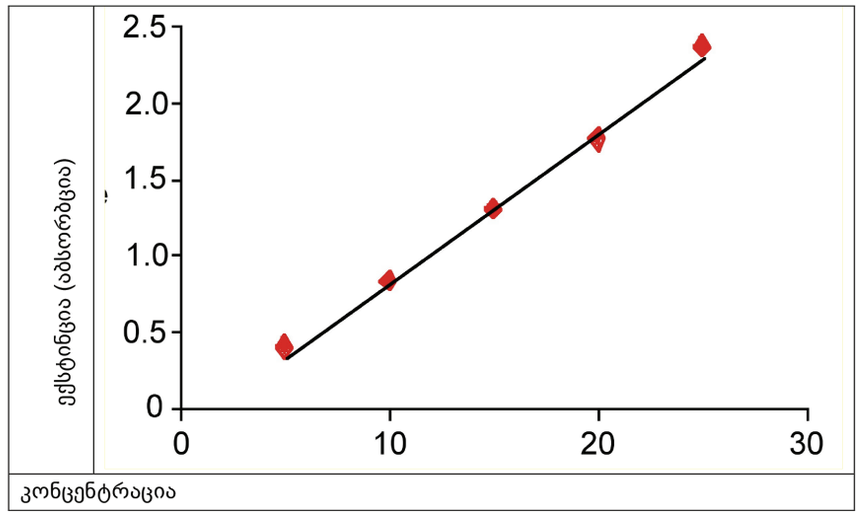
აღნიშნული სამუშაო უნდა განახორციელოს შესაბამისი კვალიფიკაციის მქონე პერსონალმა. სამუშაო მოიცავს სხვადასხვა სპექტრის შესაბამისი შუქფილტრის (იხილე სურათი) გამოყენებით, განმეორებითი გაზომვითი სამუშაოების ჩატარებას და მოცემული სპექტრის მაჩვენებლის „დამახსოვრებას“ მოწყობილობის მართვის პროგრამაში. ამავდროულად, მოწმდება მოწყობილობის სიზუსტის ხარისხი (შესაბამისი ცდომილება), რასაც მოთხოვნის შესაბამისად, სტანდარტული გადახრით ან განუსაზღვრელობით გამოსახავენ,.

გარდა ამისა, მოწყობილობას ესაჭიროება სხვა სახის დაკალიბრებაც, კერძოდ - დაკალიბრება საკვლევი ნიმუშის ანალიზის მეთოდისთვის. ამ დროს საკვლევი ნიმუშის შესაბამისი სტანდარტული ნივთიერების სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარი გამოიყენება. დაკალიბრების პროცესში ჯერ ნულოვანი ხსნარის, შემდეგ კი საკალიბრო ხსნარების აღმავალი კონცენტრაციებით გაზომვა და შესაბამისი შთანთქმების - ექსტინციების დაფიქსირება ხორციელდება.

თანამედროვე სპექტროფოტომეტრების პროგრამული უზრუნველყოფა საშუალებას იძლევა შესაბამისი საკალიბრო მრუდები ავტომატურ რეჟიმში აიგოს.

სხვადასხვა ფერის
შესაბამისი შუქფილტრი

სპექტროფოტომეტრი




საკალიბრო მრუდზე ნაჩვენებია ექსტინციის პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულება ნიმუშის კონცენტრაციაზე.

იმისთვის, რომ მინიმუმამდე შემცირდეს გამხსნელისა და კიუვეტის მიზეზით სინათლის დანაკარგით გამოწვეული ცთომილება, გაზომვას ატარებენ ე.წ. შესადარებელი, ანუ ნულოვანი ხსნარის გამოყენებით, რომელიც პრაქტიკულად არ შეიცავს საკვლევ ნივთიერებას. როგორც წესი, ნულოვანი ხსნარის როლში გამოიყენება სუფთა გამხსნელი.

თუ საანალიზო და ნულოვანი ხსნარი ერთნაირ კიუვეტებში მოთავსდება და შემდეგ ამ კიუვეტებში გაივლის ერთი და იგივე საწყისი ინტენსივობის $I_0$, ერთი და იგივე $\lambda$ ტალღის სიგრძის სინათლის სხივი, მაშინ სინათლის არეკვლისა და გაბნევის ცდომილება ორივე კიუვეტისთვის ერთნაირი იქნება. ეს ნიშნავს, რომ ამ კიუვეტებიდან გამომავალი სინათლის ინტენსივობებს შორის განსხვავება $(I - I_0)$ გამოწვეული იქნება მხოლოდ გახსნილი (საკვლევი) ნივთიერების ბუნებისა და კონცენტრაციის მიზეზით.

ისევე როგორც სხვადასხვა ფიზიკურ–ქიმიური ანალიზის დროს, სპექტროფოტომეტრიის დროსაც საკალიბრო ხსნარების ასაგებად საჭიროა ნულოვანი ხსნარისა და საკვლევი ნივთიერების შესაბამისი სტანდარტული ნივთიერების სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარის მომზადება. აღნიშნული კონცენტრაციების დასადგენად უნდა გაითვალისწინონ სხვადასხვა ფაქტორი, მაგალითად: საკვლევი ნივთიერების სავარაუდო რაოდენობა, მოწყობილობის აღმოჩენის ზღვარი, წრფივობა და ა.შ.

სპექტროფოტომეტრის აგებულების მიხედვით, დაკალიბრების პროცესი შეიძლება წარიმართოს მანუალურად ან ავტომატურ რეჟიმში. ორივე შემთხვევაში (ერთჯერადად ან მრავალჯერადად) უნდა გაიზომოს ექსტინციის კოეფიციენტები, ჯერ ნულოვანი ხსნარის და შემდეგ სტანდარტული ხსნარების აღმავალი კონცენტრაცია. გაზომვების დასრულების შემდეგ, აიგება საკალიბრო მრუდი, რომელიც გამოსახავს სხვადასხვა კონცენტრაციის დამოკიდებულებას (ექსტინციის კოეფიციენტების) შესაბამისი ტალღის სიგრძეებზე.

## საკონტროლო ნიმუში

რუტინული ანალიზების მიმდინარეობისას, აუცილებელია საკონტროლო ნიმუშის დახმარებით, ანალიზის შედეგის ხარისხის სისტემატიური კონტროლი.

საკონტროლო ნიმუში წარმოადგენს საკვლევი ნივთიერების ცნობილი კონცენტრაციის ხსნარს, რომლის გაზომვის შედეგის მიხედვით, ოპერატორი რწმუნდება ანალიზის სანდოობაში.

საკონტროლო ნიმუშად შეიძლება გამოიყენონ როგორც სტანდარტული ხსნარები, ასევე სხვა ნიმუშები, რომლებშიც საკვლევი ნივთიერების კონცენტრაცია გარკვეული, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში სტაბილურად უცვლელია.

## სპექტროფოტომეტრია – ენზიმური ანალიზების (UV-ტესტების) საფუძველი

ბოლო პერიოდში ფართო გამოყენება ჰპოვა ენზიმური რეაქციებით მიმდინარე სპექტროფოტომეტრულმა ანალიზებმა, რაც მაღალი სიზუსტის ანალიზის შედეგს იძლევა. ეს ანალიზები გამოიყენება იმ ნივთიერებების შემთხვევაში, რომელთა პირდაპირი სპექტროსკოპული კვლევა ვერ ხერხდება მათი უფერულობის გამო.

ენზიმური ანალიზებისთვის სხვადასხვა ფირმა აწარმოებს მზა რეაქტივების კომპლექტებს, ე.წ. „ენზიმურ კიტებს“, რომლებშიც ყველა საჭირო რეაქტივი, საჭირო კონცენტრაციებითა და რაოდენობით არის მოთავსებული.

ანალიზის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: საკვლევი ნივთიერება ბიოქიმიურ რეაქციაში შედის შესაბამის ბიოკატალიზატორთან – ენზიმთან (ფერმენტთან), რომელსაც გააჩნია უნიკალური უნარი, მხოლოდ კონკრეტული (საკვლევი) ნივთიერება ქიმიურად გარდაქმნას იმ ფორმად (იმ ნივთიერებად), რომელსაც ექნება შეფერილობა და აღსაქმელი იქნება სპექტროფოტომეტრისთვის.

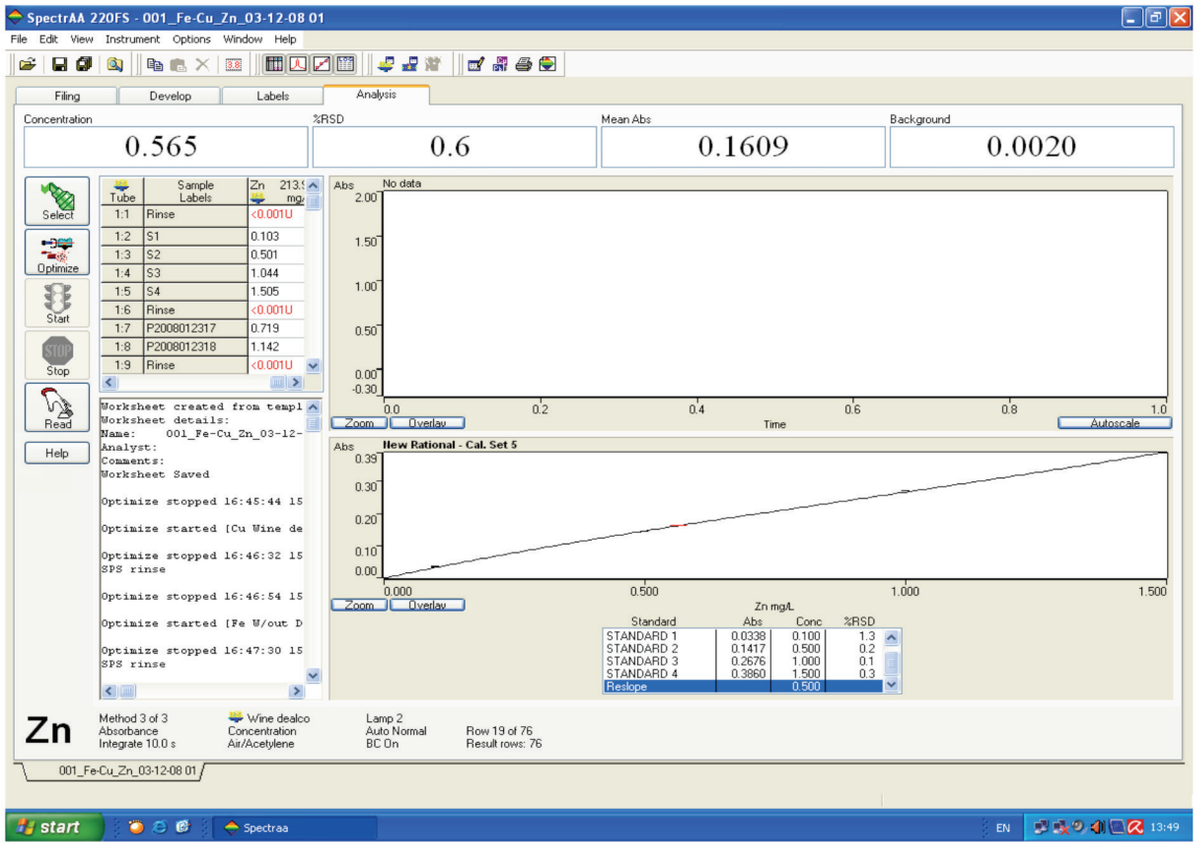
## ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრი

ატომურ–აბსორბციული სპექტრომეტრი (აას) წარმოადგენს მოწყობილობას, რომლითაც საკვლევ ნიმუშში განისაზღვრება მეტალების შემცველობა. ამ მეთოდის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში:

- საკვლევი ნიმუშისა და მასში საძიებელი მეტალის თვისებების გათვალისწინებით, ნიმუში უნდა გახურდეს შესაბამის მაღალ ტემპერატურამდე, რათა მოხდეს მისი ატომიზაცია;
- მიღებულ ატომიზებულ მასაში გადის საკვლევი მეტალ-იონის შთანთქმის უნარის შესაბამისი სხივი (ელექტრომაგნიტური ტალღა);

- ამ დროს საკვლევი მეტალ-იონის მიერ ხდება მისი კონცენტრაციის ექივალენტური სინათლის აბსორბცია (შთანთქმა), რაც სპეციალურ დეტექტორზე, ფოტომეტრზე აღირიცხება;
- მოწყობილობის (აას) პროგრამული უზრუნველყოფით ხდება მიღებული აბსორბციის გაანგარიშება საძიებელი ელემენტის შესაბამის კონცენტრაციაზე, რაც საბოლოოდ ხელსაწყოს პროგრამული უზრუნველყოფის შესაბამის ფანჯარაში გამოისახება.

მაგალითისთვის აქ მოყვანილია ერთ-ერთი ასეთი (მრავალთაგან ერთ-ერთი, რადგან აპარატურის სხვადასხვა მწარმოებელი, თავისი შესაბამისი პროგრამით უზრუნველყოფს აპარატურას) პროგრამა და მიღებული შედეგები. იხილეთ სურათი

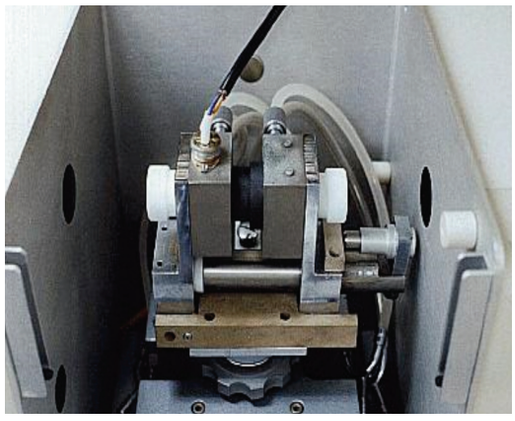



**მარცხენა ზედა კუთხის გრაფაში (Tube)-მოცემულია ავტოსამპლერში ნიმუშის განთავსების პოზიცია; შემდეგ გრაფაშია (Sample Labels) ნიმუშის საიდენტიფიკაციო მონაცემი და მესამე გრაფაში (Zn g/l) გამოსახულია საკვლევი ელემენტის, ამ შემთხვევაში თუთიის კონცენტრაცია მგ/ლ-ში.**

იმის მიხედვით, თუ როგორ მიმდინარეობს ნიმუშის თერმული დამუშავება, მისი ატომიზაციის მიზნით, გამოჰყოფენ გრაფიტულ და ალურ აას–ებს.

**გრაფიტული აას–ის** შემთხვევაში, ნიმუშის ატომიზაციის პროცესი და შემდგომი გაზომვა მიმდინარეობს თერმულ კამერაში მოთავსებულ გრაფიტულ კიუვეტაში ინერტული

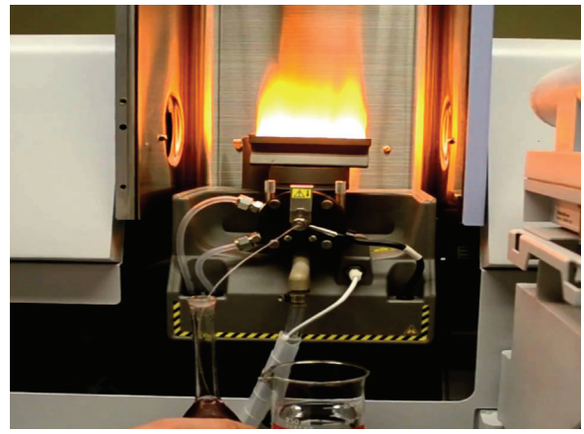
აირის თანაობისას. ასეთ აირად ძირითადად გამოიყენება არანაკლებ 99,993 ხარისხის სისუფთავის არგონი, რომლის მიწოდება შესაბამისი აირ-ბალონიდან ხორციელდება.



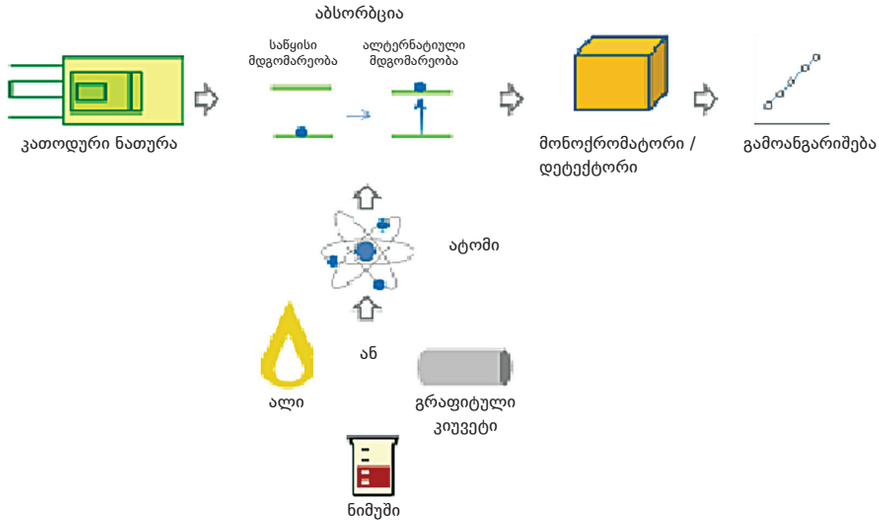
გრაფიტული აას-ის თერმული კამერა, სადაც თავსდება გრაფიტული კიუვეტა.

გრაფიტული კიუვეტები (0.5 სმ x 2 სმ), რომლებიც თავსდება გრაფიტული აას-ის თერმულ კამერაში.

**ალური აას**–ის დროს ატომიზაცია ხდება თერმულ კამერაში წარმოქმნილ ცეცხლის ალში, სადაც ნიმუში შეიფრქვევა სპეციალური მოწყობილობიდან. მაღალი ტემპერატურის ალი მიიღება ჰაერისა და აცეტილენის შერევით. შესაბამისად, ჰაერის მიწოდებას უზრუნველყოფს ჰაერის კომპრესორი, ხოლო აცეტილენი მიეწოდება აცეტილენითვის განკუთვნილი სპეციალური აირ-ბალონიდან. იხილე სურათი.



ალური აას




აას-ის მუშაობის პრინციპი

## თანამედროვე აას–ის პროგრამული უზრუნველყოფა

თანამედროვე აას–ის პროგრამული უზრუნველყოფა მინიმუმამდე ამცირებს მომხმარებლის მიერ მოწყობილობის ხელით მართვას. ამ პროგრამებში გათვალისწინებულია მუშა პროცესის მარტივად და უსაფრთხოდ მართვა.

პროგრამები მოიცავს ე.წ. ელექტრონულ ბიბლიოთეკას, რომლის დახმარებითაც ოპერატორი ირჩევს მისთვის სასურველი ანალიზის (რა სახის ნიმუშში, რომელი ელემენტი უნდა განისაზღვროს) ყველაზე ოპტიმალურ მეთოდს. მეთოდის შერჩევის შემდეგ კი შესაბამისი პარამეტრები (აირის ნაკადის სიჩქარე, ტემპერატურული რეჟიმი, ოპტიკური მაჩვენებლები, სტანდარტული ხსნარების კონცენტრაციები და ა.შ.), ავტომატურად ფიქსირდება სამუშაო ფაილში. პროგრამა საშუალებას იძლევა, რომ საჭიროების შემთხვევაში, ოპერატორის მიერ ხელით მოხერხდეს აღნიშნული პარამეტრების შემდგომი ოპტიმიზაცია იმ ფარგლებში, რაც უსაფრთხო და საჭირო იქნება შემდგომი მუშაობისთვის.

ზოგიერთი პროგრამული უზრუნველყოფა საშუალებას იძლევა მიღებული შედეგები გამოისახოს სხვადასხვა გრაფიკული ფორმითა (ნულოვანის გათვალისწინებით ან გაუთვალისწინებლად და სხვა) და განზომილებით (მგ/ლ, ppm, ppb და ა.შ.).

## სპექტროსკოპული მოწყობილობების დაკალიბრება და მისი სიზუსტის კონტროლი

როგორც ნებისმიერ სხვა ლაბორატორიულ მოწყობილობას, აას–საც თან ახლავს მწარმოებლის მიერ მოწოდებული სამუშაო ინსტრუქცია, სადაც მითითებულია თუ როგორ უნდა განხორციელდეს მოწყობილობის მოვლა, უსაფრთხოების დაცვა, მისი მუშაობის სიზუსტის პერიოდული კონტროლი და ა.შ. მაგრამ, კონკრეტული ანალიზის ჩასატარებლად საჭიროა მოწყობილობის დაკალიბრება შესაბამისი ანალიზის მეთოდის მიხედვით. ამისთვის გამოიყენება საკვლევი ელემენტის შემცველი საკალიბრო ხსნარები. ეს ხსნარები უნდა დამზადდეს სერტიფიცირებული, შესადარებელი მასალიდან (CRM) - სტანდარტული ხსნარებიდან. CRM-ების გამოყენებისას გასათვალისწინებელია მათი მეტროლოგიური მიკვლევადობა (რაც მითითებული უნდა იყოს სერტიფიკატზე), შენახვის პირობები და გამოყენების ვადა.

უმეტეს შემთხვევებში ნულოვან ხსნარად გამოიყენება დისტილირებული, დეიონიზებული წყალი, თუმცა ანალიზის შედეგის უკეთესი ხარისხისთვის სასურველია გამოიყენონ საკვლევი ნიმუშის მსგავსი ფიზიკურ–ქიმიური თვისებების მქონე ხსნარი. ამ შემთხვევაში გასათვალისწინებელია, რომ ეს ხსნარი არ შეიცავდეს საკვლევ ელემენტს (მეტალ–იონს).

მოწყობილობის თავისებურებიდან გამომდინარე, აას–ის საკალიბრო ხსნარი შეიძლება იყოს ერთი, კონკრეტული კონცენტრაციის (რომელიც პროგრამული უზრუნველყოფის ბრძანებით თავად განზავდება მოწყობილობაში და მიიღება კიდევ სხვა კონცენტრაციების საკალიბრო წერტილები) ან, წინასწარ მომზადებული, არანაკლებ სამი სხვადასხვა განზავების საკალიბრო ხსნარი. დაკალიბრების პროცესში საკალიბრო მრუდის აგების მიზნით, საკალიბრო ხსნარები რიგ–რიგობით, მზარდი კონცენტრაციებით მიეწოდება მოწყობილობას გასაზომად.

საკალიბრო ხსნარების კონცენტრაციის შერჩევისას გასათვალისწინებელია: მოწყობილობის აღმოჩენის ზღვარი, წრფივობა და საკვლევ ნიმუშში გასაზომი პარამეტრის მოსალოდნელი კონცენტრაცია.

როგორც წესი, საკალიბრო ხსნარების მომზადების წესები აღწერილია ლაბორატორიის სტანდარტულ ინსტრუქციებში (ე.წ. SOP-ებში).

### საკონტროლო ნიმუში

ანალიზის ჩატარებისას ყოველთვის შესაძლებელია ამა თუ იმ მიზეზით (ძაბვის ცვლილება, მოწყობილობის სადინრების დაბინძურება და ა.შ.) დაირღვეს მუშა პროცესი, რამაც შესაძლოა ანალიზის შედეგის მნიშვნელოვანი ცთომილება გამოიწვიოს. ამ შეუსაბამობის თავიდან ასაცილებლად, საჭიროა მუშაობის პროცესის დროს, საკვლევ ნიმუშებთან ერთად ე.წ. საკონტროლო ნიმუშების ტესტირებაც მიმდინარეობდეს.

საკონტროლო ნიმუში უნდა იყოს საკვლევი ნიმუშის მსგავსი კონსისტენციის, ცნობილი კონცენტრაციით შეიცავდეს საკვლევ პარამეტრს (ამ შემთხვევაში მეტალ–იონს) და ეს კონცენტრაცია უნდა იყოს იმავე დიაპაზონში, რაც სავარაუდოდ გამოჩნდება საკვლევ ნიმუშში. აუცილებელია საკვლევი პარამეტრის შემცველობა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში სტაბილური იყოს.

აღსანიშნავია, რომ საკონტროლო ნიმუშის ტესტირებების შედეგების სტატისტიკური

დამუშავება ერთ–ერთი მნიშვნელოვანი საშუალებაა კონკრეტულ მოწყობილობაზე (აას) მუშაობის ხარისხის შესაფასებლად.

### აირ-ბალონებთან და/ან კომპრესორებთან მუშაობა

აირ–ბალონებთან, განსაკუთრებით კი ადვილად აალებად აცეტილენის ბალონსა და კომპრესორთან მუშაობა გარკვეულ საფრთხეს შეიცავს. ეს საფრთხე განსაკუთრებით მწვავეა, თუკი ზედმიწევნით ზუსტად არ მოხდება ინსტრუქციებში მითითებული წესების დაცვა.

აირ–ბალონებს გააჩნიათ აირის შესაბამისი ონკანები, რომლებიც აღჭურვილია ორი მანომეტრით: ერთი – ბალონში ჩაწნეხილი აირის რაოდენობის (წნევის) გასაკონტროლებლად, მეორე კი – ბალონიდან გამომავალი აირის ნაკადის (წნევის) დასარეგულირებლად.

გამოყენებული (დაცლილი) აირ–ბალონის ახლით შეცვლას უნდა აწარმოებდეს სპეციალური უფლებამოსილების მქონე კვალიფიციური პერსონალი.

ახალი ბალონის სამუშაო პოზიციაში დამაგრების და მასზე შესაბამისი აირის სადინარი მილების მიერთების შემდეგ, სპეციალური აქაფებადი სითხით (მაგ. ჭურჭლის სარეცხი სითხე) გაჟღენთილი ღრუბლით გულდასმით უნდა შემოწმდეს, ხომ არ ხდება ბალონში მოთავსებული აირის გაჟონვა.

კომპრესორთან მუშაობის ინსტრუქცია ითვალისწინებს:

- მასში წარმოქმნილი ჰაერის წნევის სისტემატურ კონტროლს, მოწყობილობაზე დამაგრებული მანომეტრის საშუალებით;
- გარკვეული პერიოდულობით (ან კომპრესორის მუშაობის დროს განსხვავებული, სპეციფიური ხმის წარმოშობისას), კომპრესორში შემავალი ჰაერიდან კონდენსატის სახით წარმოქმნილი და დაგროვებული წყლის გამოშვება სპეციალური ონკანის გამოყენებით;

- გარკვეული პერიოდულობით, კონდენსატორიდან მუშაობის შედეგად გამუქებული (გაშავებული) საპოხი ზეთის გამოდევნა, ახალი ზეთით ავზის გამორეცხვა და შევსება.

## პოტენციომეტრული ანალიზი

### პოტენციომეტრიის არსი, დანიშნულება და ამოცანები

პოტენციომეტრული ანალიზი ელექტროქიმიური ანალიზის მეთოდებს მიეკუთვნება. ამ მეთოდების ძირითადი პრინციპია სხვადასხვა ელექტრული პარამეტრის გაზომვა, მაგალითად: ელექტროგამტარობის, დენის ძალის, პოტენციალის და სხვა, რაც საანალიზო ობიექტის (ხსნარების) ხარისხობრივ და რაოდენობრივ მდგომარეობას უკავშირდება.

პოტენციომეტრული ანალიზის მეთოდი ეფუძნება ხსნარის ელექტრომამოძრავებელი ძალის, ე.წ. ელექტრული პოტენციალის (E) წონასწორობის დამოკიდებულებას ხსნარში არსებული ნივთიერების აქტივობაზე (a), შესაბამისად – კონცენტრაციაზე (C).

პოტენციომეტრულ ანალიზებს ჰყოფენ **პირდაპირ და არაპირდაპირ პოტენციომეტრულ მეთოდებად.**

**პირდაპირი პოტენციომეტრიის** მეთოდი ფართოდ გამოიყენება ხსნარის მჟავიანობის (pH-ის) განსასაზღვრავად pH-მეტრის საშუალებით (იხილე სურათი).

წყალბადური მაჩვენებელი, pH, ხსნარში წყალბადიონების H+ აქტივობის ზომას და რაოდენობრივად მისი მჟავიანობის ხარისხს განსაზღვრავს. pH ტოლია წყალბადიონების აქტივობის შებრუნებული ათობით ლოგარითმისა თხევად სუბსტანციაში (გამოხატული მოლებში ერთ ლიტრზე). 22$^0$C ტემპერატურის სუფთა წყალში, წყალბადიონისა [$H^+$] და ჰიდროქსიდიონის [$OH^-$] კონცენტრაცია ტოლია და შეადგენს $10^{-7}$ მოლ/ლ. როდესაც ხსნარში ორივე ტიპის იონების კონცენტრაცია თანაბარია, ხსნარს ნეიტრალური რეაქცია გააჩნია. ამ დროს pH არის 7. წყალში მჟავის დამატებისას, წყალბადიონების კონცენტრაცია მატულობს, ხოლო ჰიდროქსიდიონებისა შესაბამისად მცირდება. ამ დროს pH-ის სიდიდე 7-ზე დაბალია და ხსნარს აქვს მჟავე რეაქცია. წყალში ტუტის დამატებისას კი პირიქით, ჰიდროქსიდიონების კონცენტრაცია მაღალია, ხოლო წყალბადიონებისა დაბალი. ამ დროს pH 7-ზე მაღალია და ხსნარს ტუტე რეაქცია გააჩნია. pH-ის სიდიდე 0-დან 14-მდე დიაპაზონში ვარირებს.

გარემოს მჟავიანობის პარამეტრი ძალზე მნიშვნელოვანია მრავალი ქიმიური

პროცესისთვის. ამა თუ იმ რეაქციის მიმდინარეობის შესაძლებლობა და შედეგი დიდად არის pH-ზე დამოკიდებული. ლაბორატორიული კვლევების მიმდინარეობისას, სარეაქციო სისტემაში pH სიდიდის განსაზღვრული მნიშვნელობის შესანარჩუნებლად იყენებენ ბუფერულ ხსნარებს. ბუფერული ეწოდება ხსნარს, რომლის pH ცოტაოდენი მჟავის ან ტუტის დამატებისას, პრაქტიკულად უცვლელი რჩება. pH მაჩვენებელი ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ბიოლოგიური გარემოს მჟავა-ფუძოვანი თვისებების დასახასიათებლად.

### pH-მეტრის მუშაობის პრინციპი

ანალიზის პოტენციომეტრული მეთოდები საანალიზო ხსნარში ჩაშვებული ელექტროდის პოტენციალის გაზომვას ეფუძნება. პოტენციალის გასაზომად იყენებენ გალვანურ ელემენტს, რომელიც ინდიკატორული და შესადარებელი ელექტროდებისგან შედგება.

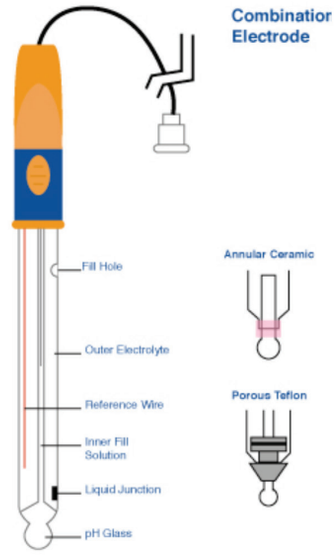
ინდიკატორული ეწოდება ელექტროდს, რომლის პოტენციალი იონების კონცენტრაციის ცვლილებაზეა დამოკიდებული, ხოლო შესადარებელი ელექტროდის პოტენციალი საანალიზო ხსნარის შემადგენლობასა და კონცენტრაციაზე არ არის დამოკიდებული. ხსენებული ელექტროდებისგან შედგენილი გალვანური ელემენტის ელექტრომამოძრავებელი ძალის ცვლილება და სიდიდე შესაძლებლობას იძლევა განისაზღვროს საანალიზო იონის კონცენტრაცია ხსნარში. ელემენტის ელექტრომამოძრავებელი ძალა pH-მეტრების ან იონომერების მეშვეობით განისაზღვრება.

ინდიკატორულ ელექტროდად ყველაზე ხშირად მინის ელექტროდი გამოიყენება, რომელიც დამჟანგველების თანაობის დროსაც კი pH-ის ფართო დიაპაზონში გამოიყენება.

პრაქტიკაში კიდევ უფრო ხშირად ე.წ. კომბინირებული ელექტროდი გამოიყენება. ასეთი კომბინირებული ელექტროდი მოყვანილია ქვედა სურათზე.

ელექტროდების სისტემის ელექტრომამოძრავებელი ძალის მილივოლტმეტრით გაზომვის მეშვეობით (სადაც მილივოლტმეტრის სკალა pH-ის ერთეულებშია გრადუირებული), საკონტროლო ხსნარის pH-ს ადგენენ.

pH-მეტრი




pH-მეტრი

არაპირდაპირი პოტენციომეტრიის დროს ნიმუშში საკვლევი ნივთიერების რაოდენობა დგინდება. ამ დროს pH-ის გაზომვის პარალელურად ხორციელდება საკვლევი ნივთიერების ტიტრაცია. როდესაც გატიტვრის შედეგად, pH მაჩვენებელი ანალიზის მეთოდში მითითებულ, სასურველ შედეგს მიაღწევს (უმეტესად ნეიტრალურ მნიშვნელობას: pH 7–ს), გატიტვრა უნდა შეწყდეს. არაპირდაპირი პოტენციომეტრული სატიტრი მოწყობილობა (ავტომატური ტიტრატორი) წარმოდგენილია სურათზე.

პოტენციომეტრული ტიტრატორი

ნივთიერებათა შორის ურთიერთქმედების ექვივალენტობის პრინციპზე დაყრდნობით და დახარჯული სატიტრი ხსნარის რაოდენობის მიხედვით, ანგარიშობენ საკვლევი (გატიტრული) ნივთიერების რაოდენობას (კონცენტრაციას ხსნარში).

## ტიტრიმეტრული ანალიზი, მისი არსი

ტიტრიმეტრიაში საძიებელ კონცენტრაციას სტანდარტული ან გატიტრული რეაგენტის (ტიტრანტის) მოცულობის გაზომვის მეშვეობით განსაზღვრავენ, რომელიც ხსნარში (ან გაზურ ფაზაში) საძიებელ ნივთიერებასთან ქიმიური რეაქციის შედეგად იხარჯება. გაზომვა ტიტრაციის შედეგად ხორციელდება. ეს მეთოდი მარტივია, სწრაფი, უნივერსალური და ზუსტია.

ტიტრაციისას ტიტრანტს მცირე პორციებით, უწყვეტად და დაბალი მუდმივი სიჩქარით ამატებენ იქამდე, სანამ არ მიიღწევა ე.წ. ექვივალენტობის წერტილი, რომელიც, თავის მხრივ, ტიტრანტის იმ მოცულობას შეესაბამება, რომელთანაც რეაქციაში შედის მთელი საძიებელი ნაერთი. ექვივალენტობის წერტილს ადგენენ სატიტრი ხსნარის ამა თუ იმ თვისების (ფერი, ოპტიკური სიმკვრივე, ელექტრული თვისებები და ა.შ.) ცვლილებაზე უწყვეტი დაკვირვებით - ვიზუალურად ან სპეციალური მოწყობილობის მეშვეობით.

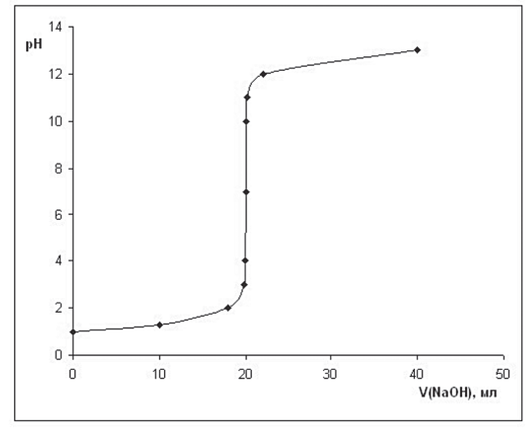
ქიმიური რეაქციის ტიტრაციის პროცესში მონაწილე ნაერთები მკაცრად განსაზღვრულ რაოდენობრივ (სტექიომეტრიულ) თანაფარდობაში უნდა იმყოფებოდნენ. რეაქცია სწრაფად და სრულად უნდა განხორციელდეს, ხოლო ექვივალენტობის წერტილი ზუსტად უნდა დაფიქსირდეს. ქიმიურ რეაქციად ხშირად იყენებენ ნეიტრალიზაციის (ფუძე-მჟავურ), კომპლექსწარმოქმნისა და ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებს.

## ტიტრაციის მრუდი

ტიტრაციის მრუდი (იხ. სურათი) დამატებული ტიტრანტის (აბსცისა) რაოდენობაზე, გასატიტრი ხსნარის pH-ის, ოპტიკური სიმკვრივის ან სხვა რაიმე მახასიათებლის (ორდინატა) დამოკიდებულების გრაფიკია. აბსცისას ღერძის მასშტაბი ყოველთვის წრფივია, ხოლო ორდინატას ღერძის მასშტაბი შესაძლოა წრფივიც იყოს და ლოგარითმულიც. წრფივი მასშტაბი მოსახერხებელია მაშინ, როცა საკონტროლო პარამეტრი კონცენტრაციის ცვლილების მიხედვით წრფივად იცვლება, მაგალითად ტიტრაციის სპექტროფოტომეტრული ან ამპერომეტრული კონტროლის დროს. ლოგარითმული მოსახერხებელია მაშინ, როცა ცვლილება ლოგარითმული ხასიათისაა. მაგალითად, პოტენციომეტრულ მეთოდში, იონ-სელექტიური ელექტროდის გამოყენებისას.

ტიტრაციის საბოლოო წერტილის ზუსტი განსაზღვრისთვის აუცილებელია ტიტრაციის მრუდზე ექვივალენტობის წერტილის მახლობლად დაიმზირებოდეს გადახრა (ნახტომი). ეს მოთხოვნა როგორც მინიმალურად დადგენადი კონცენტრაციის, ასევე ტიტრაციის რეაქციისთვის მისაღები წონასწორობის მინიმალური კონსტანტის ზღვრებს განსაზღვრავს.

## პოტენციომეტრული მოწყობილობის დაკალიბრება და მისი სიზუსტის კონტროლი




ტიტრაციის მრუდი

მოწყობილობის ინსტრუქციის და/ან ლაბორატორიაში არსებული პროცედურის შესაბამისად, გარკვეული პერიოდულობის დაცვით, pH-მეტრი უნდა დაკალიბრდეს სხვადასხვა pH-ის მქონე, მეტროლოგიურად მიკვლევადი, სერტიფიცირებული სტანდარტული ხსნარებით (CRM). pH-მეტრის დასაკალიბრებლად უმეტესად გამოიყენება pH-ის ორი სხვადასხვა მაჩვენებლის მქონე სტანდარული ხსნარი, მაგ. pH4 და pH7.

ლაბორატორიის მენეჯმენტის სისტემის მოთხოვნების მიხედვით, აუცილებელია სისტემატურად კონტროლდებოდეს ანალიზის შედეგების სიზუსტის ხარისხი. ამისთვის საჭიროა, რომ რუტინული ანალიზების დროს, საკვლევ ნიმუშებთან ერთად ანალიზდებოდეს ე.წ. საკონტროლო ნიმუში (მაგალითად, ყოველ მე-5 ან მე-10 ნიმუშის შემდეგ).

საკონტროლო ნიმუშად უნდა შეირჩეს ხანგრძლივად სტაბილური, ცნობილი pH-ის მქონე მასალა, რომლის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, სასურველია მაქსიმალურად იყოს მიახლოებული საკვლევ ნიმუშთან.

ამგვარად, უწყვეტად მოხდება გამოცდის მსვლელობის კონტროლი და თუ საკონტროლო ნიმუშის pH-მაჩვენებელი გაცდება დასაშვები ცთომილების ფარგლებს, ოპერატორისთვის გასაგები იქნება, რომ დაუყოვნებლივ ჩასატარებელია მაკორექტირებელი ქმედებები.

პირდაპირი პოტენციომეტრიის დროს ისაზღვრება pH-მაჩვენებელი და რეგისტრირდება ლაბორატორიაში არსებული წესების შესაბამისად.

არაპირდაპირი პოტენციომეტრიის დროს ანალიზის შედეგი, ანუ ხსნარში საკვლევი ნივთიერების კონცენტრაცია (C) გამოიანგარიშება ქიმიური ექვივალენტობის პრინციპით მიღებული კოეფიციენტის (k) გადამრავლებით დახარჯული ხსნარის მოცულობით რაოდენობაზე (V): $C = k \times V$. ამ დროს უნდა დარეგისტრირდეს გატიტვრამდე დახარჯული ხსნარის რაოდენობა.

## კონდუქტომეტრული ანალიზი

კონდუქტომეტრული ანალიზი მიეკუთვნება ელექტროქიმიური ანალიზის მეთოდს, რომელიც ეფუძნება ხსნარების მიერ ელექტრული დენის გატარების უნარს (ელექტროგამტარობას). ამ მეთოდით შესაძლებელია მხოლოდ ელექტროლიტთა ხსნარების რაოდენობრივი და თვისობრივი ანალიზი. გამხსნელისა და გახსნილი ნივთიერებების თავისებურებების მიხედვით, ხსნარები შეიძლება ატარებდნენ ან არ ატარებდნენ ელექტრულ დენს.

## ელექტროლიტები და ელექტროლიტური დისოციაცია

ელექტროლიტი შენადნობები ან ხსნარებია, რომლებიც ელექტროდაძაბულობის (ძაბვის) პირობებში, ატარებენ ელექტრულ დენს მათში არსებული მოლეკულების იონებად დაშლის და ამ იონების მიგრაციის უნარის გამო. ასეთ ხსნარებს წარმოქმნიან: მჟავები, მარილები და ფუძეები. ელექტროლიტები მთლიანად ან ნაწილობრივ შედგებიან იონებისგან და მათ ხშირად მეორეხარისხოვან გამტარებსაც უწოდებენ.

ელექტროლიტური დისოციაცია არის წყალში გახსნის ან გალღობისას ელექტროლიტის იონებად დაშლა. ელექტროლიტური დისოციაციის შედეგად ხსნარში წარმოიქმნება ეკვივალენტური (ერთნაირი) რაოდენობის დადებითი და უარყოფითი იონები. ამიტომ ელექტროლიტის ხსნარი ელექტრონეიტრალურია.

წარმოქმნილი იონები ჰიდრატირებულია, ე. ი. თითოეულ იონთან შეერთებულია წყლის ერთი ან რამდენიმე მოლეკულა. ქვემოთ, განტოლების სახით, რამდენიმე მაგალითზე წარმოდგენილია მჟავების დისოციაცია, რომლის შედეგადაც მიიღება წყალბად–იონი (კატიონი) და მჟავას ნაშთის იონი (ანიონი):

$HCl = H^+ + Cl^-$

$HNO_3 = H^+ + NO_3$

## კონდუქტომეტრის აგებულება

კონდუქტომეტრი მოიცავს:

- ძირითად ბლოკს, რომელზეც განთავსებულია დისპლეი (გამოცდის შედეგის წასაკითხად) და სამართავი მექანიზმები (ჩამმრთველი /გამომრთველი, საკალიბრო და სხვა);
- ძირითად ბლოკთან მიერთებული ელექტროდი, რომელშიც ფორმირდება ელექტროსიგნალი;
- დამატებითი აქსესუარები, მაგალითად შტატივი ელექტროდის დასამაგრებლად.

### კონდუქტომეტრული ტიტრაცია

ვინაიდან ელექტროლიტთა ხსნარების ელექტროგამტარობას განაპირობებს სხვადასხვა ტიპის იონის არსებობა, ამიტომაც მეთოდის ანალიტიკური სიგნალი არ არის შერჩევადი (სელექტიური). მეთოდის მცირე სელექტიურობის გამო, პირდაპირი კონდუქტომეტრული გაზომვები იშვიათად გამოიყენება. მას ძირითადად იყენებენ მრეწველობაში წყლის სიხისტის დასადგენად და ნიადაგში გოგირდის განსასაზღვრავად.

პირდაპირი კონდუქტომეტრული მეთოდისგან განსხვავებით, ფართოდ არის გავრცელებული არაპირდაპირი კონდუქტომეტრული გაზომვები, კერძოდ **კონდუქტომეტრული ტიტრაცია,** რომლის დროსაც ხდება ელექტროლიტური ხსნარის გატიტვრა ისეთი ქიმიური აგენტით, რაც გამოიწვევს ხსნარის აქტიური იონების განეიტრალებას (ელექტროგამტარობის შეწყვეტას). შესაბამისად, კონდუქტომეტრული ტიტრაცია იყოფა სხვადასხვა სახედ, მაგალითად: მჟავა-ტუტოვანი ტიტრაცია, ჟანგვა-აღდგენითი, ჩანაცვლებითი, კომპლექსომეტრული და სხვა. აღნიშნული ტიტრაციის პროცესები აღიწერება შესაბამისი ფორმის მრუდით, რომელიც დენის გამტარობისა და დახარჯული სატიტრი ხსნარის მიხედვით აიგება.

### კონდუქტომეტრის დაკალიბრება (საკალიბრო ხსნარები, CRM–ები)

ლაბორატორიაში არსებული პროცედურის შესაბამისად, გარკვეული პერიოდულობის დაცვით, მოწყობილობა უნდა დაკალიბრდეს მეტროლოგიურად მიკვლევადი, სერტიფიცირებული სტანდარტული ხსნარით (CRM) და სისტემატურად გაკონტროლდეს ანალიზის შედეგების სიზუსტის ხარისხი.

კონდუქტომეტრის საკალიბრო სტანდარტულ ხსნარად უმეტესად გამოიყენება კალიუმის ქლორიდის ხსნარი (KCl), რომელიც წარმოადგენს $25^0$C-ზე, 1000 გრამ დეიონიზებულ წყალში გახსნილ 7.419 გრამ KCl-ს. ასეთ ხსნარს გააჩნია სპეციფიური, ცნობილი კონდუქტიურობა, კერძოდ: 0.01286 Ω-1/სმ.

**ქრომატოგრაფია**

**შესავალი**

**ტერმინოლოგია**

ქრომატოგრაფიასთან დაკავშირებული ძირითადი ტერმინოლოგია და გამოყენების სფეროები IUPAC-ის (International Union of Pure and Applied Chemistry) მიერ იქნა სისტემატიზებული და უნიფიცირებული. ტერმინს „ქრომატოგრაფია“ სამი მნიშვნელობა აქვს და ქიმიის ერთ-ერთი მიმართულების, პროცესისა და მეთოდის აღსანიშნავად გამოიყენება.

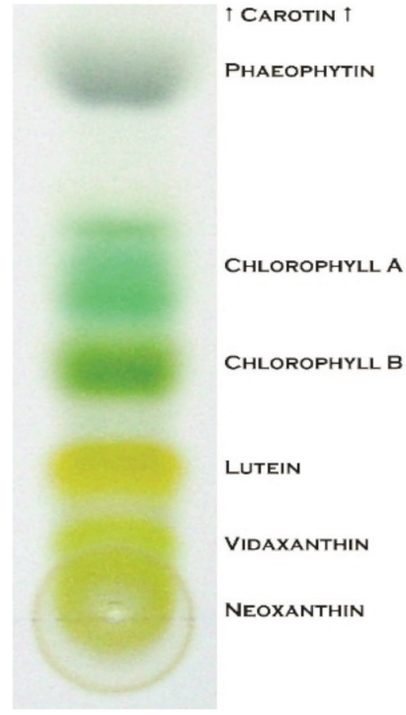
- ქრომატოგრაფია - მეცნიერება მოლეკულათშორისი ურთიერთქმედებისა და ერთმანეთში შეურევად და ერთმანეთის მიმართ მოძრავ ფაზებს შორის მოლეკულების ან ნაწილაკების გადატანის შესახებ;
- ქრომატოგრაფია - ერთმანეთში შეურევად და ერთმანეთის მიმართ მოძრავ ფაზებს შორის ნივთიერებათა ან ნაწილაკთა მრავალჯერადი დიფერენცირებული გადანაწილების პროცესი, რომელიც ამ ნივთიერებების ან ნაწილაკების საწყისი ნარევების ცალკეული კომპონენტების კონცენტრირებული ზონების განცალკევებას განაპირობებს;
- ქრომატოგრაფია - ნივთიერებების ან ნაწილაკების ნარევების დაყოფის მეთოდი მათი გადაადგილების სიჩქარის სხვაობის საფუძველზე ერთმანეთში შეურევადი და ერთმანეთის მიმართ მოძრავი ფაზების სისტემაში;
- სვეტი - შეიცავს ქრომატოგრაფიულ სორბენტს. ასრულებს ნარევის ცალკეულ კომპონენტებად დაყოფის ფუნქციას;
- ელუენტი - მოძრავი ფაზაა (გამხსნელი ან გამხსნელების ნარევი): გაზი, სითხე ან (იშვიათად) ზეკრიტიკული ნაკადი;
- უძრავი ფაზა - მყარი ფაზა ან ინერტულ მატარებელზე ბმული (დატანილი) სითხე. ადსორბციულ ქრომატოგრაფიაში სორბენტი ეწოდება;
- მოძრავი ფაზა (ელუენტი) – განსაზღვრული შემადგენლობის ხსნარი, რომელიც ქრომატოგრაფიული სვეტის სორბენტთან ურთიერთქმედებს, უძრავ ფაზასა და მას შორის გადანაწილდება საძიებელი ნაერთები და რომლის მეშვეობით სვეტში (და სისტემაში) საძიებელი ნაერთების ტრანსპორტი ხორციელდება.
- ქრომატოგრამა - ქრომატოგრამას უწოდებენ ლაქების, ზონების ან პიკების მიმდევრობას, რომლებიც ქრომატოგრაფიული დაყოფის შედეგად, საწყისი ნარევის ცალკეულ კომპონენტებს შეესაბამება. ნებისმიერი ტიპის ქრომატოგრაფიული პროცესისთვის, სადაც შედეგის სარეგისტრაციოდ დეტექტორი გამოიყენება, ქრო-

მატოგრამა იყოფა კომპონენტების კონცენტრაციების პროპორციული სიგნალის დროსა (სვეტისეული ქრომატოგრაფიის შემთხვევაში) ან ლაქების გადაადგილების მანძილზე (თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის შემთხვევაში) დამოკიდებულების გრაფიკზე;

- საბაზო ხაზი - შეესაბამება მხოლოდ მოძრავი ფაზის შესაბამის სიგნალს დეტექტორზე;
- პიკი - გაუსის განაწილების მრუდია (იდეალურ შემთხვევაში), რომელიც ნივთიერების თანდათანობით ზრდას და მის შემდგომ კლებას აღწერს;
- დეტექტორი - სვეტიდან გამოსვლისას, ნარევის ცალკეული კომპონენტის კონცენტრაციის რეგისტრაციის მოწყობილობა;
- ქრომატოგრაფი - ქრომატოგრაფიული პროცესის ჩამტარებელი ხელსაწყო.

### ქრომატოგრაფიის განმარტება

ქრომატოგრაფია (ბერძნულად „ფერს“ ნიშნავს) - ნივთიერებათა ნარევის დაყოფისა და ანალიზის, აგრეთვე მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლის მეთოდია. იგი ორ ფაზას შორის უძრავი (მყარი ფაზა ან ინერტულ მატარებელზე ბმული, ანუ დატანილი სითხე) და მოძრავი (გაზი ან სითხე, ელუენტი) ნივთიერებების განაწილებას ეფუძნება. მეთოდის დასახელება დაკავშირებულია პირველ ქრომატოგრაფიულ ექსპერიმენტებთან, როცა 1900 წელს მეცნიერი მიხეილ ცვეტი მეთოდის შემუშავებისას მკვეთრად შეღებილ მცენარეულ პიგმენტებს ჰყოფდა. იხილეთ სურათი. პიგმენტების დასაყოფად გამოყენებული იყო კალციუმის კარბონატით შევსებული სვეტი.




### ქრომატოგრაფიის სახეების კლასიფიკაცია

ქრომატოგრაფიული მეთოდების კლასიფიკაციის სხვადასხვა ვარიანტი არსებობს.

- **უძრავი და მოძრავი ფაზების ფიზიკური ბუნების მიხედვით:**
  - → სითხური ქრომატოგრაფია (როცა მოძრავი ფაზა სითხეა)
  - → გაზური ქრომატოგრაფია (როცა მოძრავი ფაზა გაზია)
- **სორბენტის გასწვრივ სორბატების (საძიებელი ნივთიერებების) გადაადგილების სახის მიხედვით**

- **მოძრავ და უძრავ ფაზებს შორის სორბატების განაწილების განმაპირობებელი პროცესების ბუნების მიხედვით**
- **შესრულების ტექნიკის (პროცესის ხასიათის) მიხედვით ქრომატოგრაფია იყოფა:**
  - → სვეტისეული (უძრავი ფაზა სვეტშია მოთავსებული)
  - → სიბრტყისეული (პლანერული) - ქაღალდის და თხელფენოვანი (უძრავი ფაზა) ქაღალდის ფურცელი ან მინის ან მეტალის თხელ ფირფიტაზე დატანილი სორბენტის თხელი ფენა
  - → კაპილარული, როცა დაყოფა მილის შიდა კედელზე დატანილ სორბენტზე ან სითხის აპკზე ხორციელდება (ეს ძირითადად გაზური ქრომატოგრაფიის შემთხვევაა)
  - → ქრომატოგრაფია ველში (ელექტრულში, მაგნიტურში ან ცენტრიდანულ ძალის გავლენით)

- **ქრომატოგრაფიული პროცესის ჩატარების მიზნის მიხედვით:**
  - → ანალიტიკური
  - → არაანალიტიკური
  - → ნახევრადპრეპარატიული
  - → პრეპარატიული
  - → საწარმოო

ანალიტიკური ქრომატოგრაფია საკვლევი ხსნარის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი განსაზღვრისთვისაა განკუთვნილი.

- **ფაზების აგრეგატული მდგომარეობის მიხედვით:**
  - → გაზური ქრომატოგრაფია
    - გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფია
    - გაზურ-მყარფაზოვანი ქრომატოგრაფია
  - → სითხური ქრომატოგრაფია
    - სითხურ-სითხური ქრომატოგრაფია
    - სითხურ-მყარფაზოვანი ქრომატოგრაფია
    - სითხურ-გელის ქრომატოგრაფია
  - → ქრომატოგრაფია ზეკრიტიკული ნაკადში

- **სამუშაო წნევის მიხედვით**
  - → დაბალი წნევის ქრომატოგრაფია (FPLC)
  - → მაღალი წნევის ქრომატოგრაფია (HPLC)
  - → ულტრამაღალი წნევის ქრომატოგრაფია (UHPLC)
- ურთიერთქმედების მექანიზმის მიხედვით
- ნიმუშის შეყვანის სახის მიხედვით

***ამ თავში ქრომატოგრაფიული მეთოდებიდან თხელფენოვანი, მაღალეფექტური სითხური და გაზური ქრომატოგრაფია იქნება განხილული.***

## თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია

### აღწერა

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის საშუალებით შესაძლებელია ნივთიერებების ნარევთა თვისებითი და რაოდენობითი შედგენილობის შესწავლა. სუფთა სახით ნივთიერებების გამოსაყოფად თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია ძალზედ იშვიათად გამოიყენება.

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია ეყრდნობა საკვლევ ხსნარში შემავალი ცალკეული კომპონენტების ადსორბციის განსხვავებულ უნარს. შემადგენელ კომპონენტებად თანმიმდევრული დესორბცია და გამოყოფა სხვადასხვა გამხსნელის საშუალებით ხორციელდება.

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიისთვის გამოიყენება ე.წ. ქრომატოგრაფიული ფირფიტა, კრისტალიზატორი, გამოსამჟღავნებელი კამერა.

ქრომატოგრაფიული ფირფიტა არსებობს მინის, პლასტმასის ან ლითონის, რომელზეც ადსორბენტის თხელი ფენაა დაფენილი. ფენის სისქე 100–250 მკმ-ს შეადგენს, ხოლო ნაწილაკების ზომა - 10–20 მკმ-ს. ადსორბენტად შეიძლება გამოიყენონ სხვადასხვა ნივთიერება. მათ შორის ყველაზე ფართო გამოყენება ჰპოვა ალუმინის ოქსიდმა ($Al_2O_3$) და სილიკაგელმა ($SiO_2 \cdot H_2O$). ასევე ხშირად გამოიყენება სილიკაგელზე ბმული C2–C18 ალკილური ჯაჭვის მქონე, ე.წ. შებრუნებულფაზიანი სორბენტიც. ამ დროს ამინო ($—NH_2$), დიოლური ($HO\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH$), ნიტრილური ($R—C\equiv N$) ჯგუფები ფუნქციურ ჯგუფებად გვევლინებიან.

კრისტალიზატორი წარმოადგენს სახურავიან მინის ჭურჭელს, რომელშიც მცირე რაოდენობის გამხსნელს ათავსებენ (ძირიდან 3-4 მმ სიმაღლემდე). აუცილებელია შეირჩეს ადსორბენტ-გამხსნელის ისეთი სისტემა, რომელიც მოცემულ სისტემაში

კომპონენტების მკვეთრ განაწილებას მოგვცემს.

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

ქრომატოგრამის გამომჟღავნება შეიძლება აგრეთვე ქრომატოგრამის დასხივებით სინათლის ულტრაიისფერ უბანში გოგირდმჟავის თანაობისას, რომელსაც პულვერიზატორით ასხურებენ.

### ექსპერიმენტის მიმდინარეობა

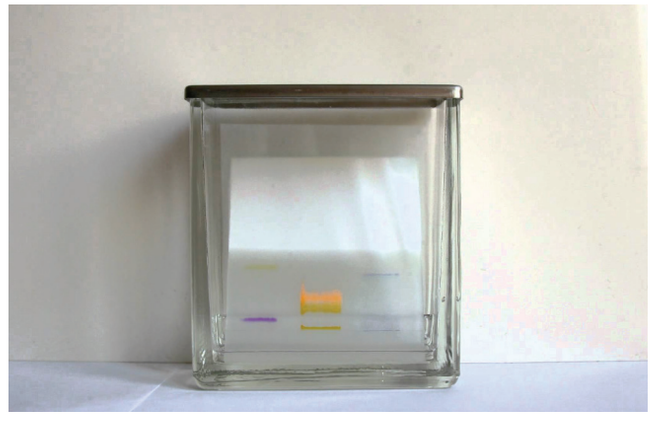
დასაწყისში წინასწარ შერჩეულ გამხსნელში ამზადებენ გამოსაკვლევი ნივთიერებების ნარევის 1-10%-იან ხსნარს. წვრილი კაპილარის ბოლოთი ეხებიან ხსნარის ზედაპირს. ამ დროს ხსნარი კაპილარული ძალების გავლენით ადის კაპილარში.

ფირფიტის წინარე მომზადება მოიცავს გარეცხვის, აქტივაციის და კონდიცირების პროცესებს.

ფირფიტაზე ნიმუშის დასატანად, კაპილარის საშუალებით, ქრომატოგრაფიული ფირფიტის ერთ-ერთ ბოლოზე, ე.წ. სტარტის ხაზზე საკვლევი ხსნარის ძალიან მცირე რაოდენობას აწვეთებენ. შემდეგ ფირფიტას ათავსებენ გამხსნელის თხელ ფენაში იმავე კიდით, რომელზეც სინჯი ისეა დაწვეთებული, რომ საკვლევი ნივთიერება გამხსნელთან ახლოს იყოს.

გამხსნელი უნდა ავიდეს ფირფიტის ქვედა კიდიდან ზემოთ, 1 სმ-ის დაშორებით (ფრონტის ხაზი).

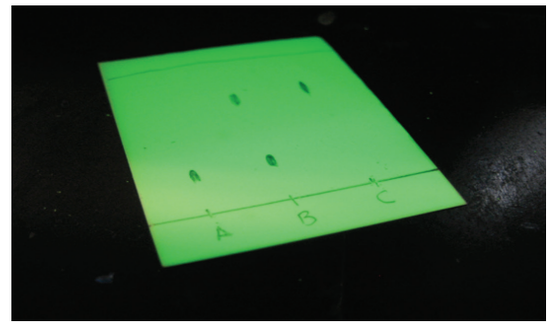
კაპილარული ძალების გავლენით გამხსნელი მოძრაობს ქვევიდან ზევით (აღმავალი გზა) და თან წარიტაცებს საკვლევ ნივთიერებას. ფირფიტაზე საკვლევი ნივთიერების მოძრაობა ქვევიდან ზევით ეფუძნება მის ადსორბციულ თვისებებსა და ხსნადობას. ამიტომაა, რომ ფირფიტაზე სხვადასხვა კომპონენტი სხვადასხვა სიმაღლეზე განლაგდება. იხილეთ სურათი.



ფირფიტას იღებენ გამხსნელიდან და აღნიშნავენ გამხსნელის ფრონტს.

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

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



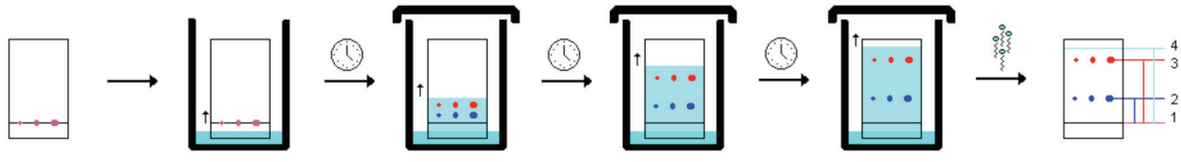

ქრომატოგრამის გამომსამჟღავნებლად ფირფიტას საშრობ კამერაში აშრობენ.

თუ გამოსაკვლევი ნივთიერება სუფთაა, მაშინ გამომჟღავნების შედეგად, ლაქები ერთ ზონაში გამოიყოფა. ხოლო თუ ნივთიერება არ არის სუფთა, მაშინ თითოეული ნივთიერება ინდივიდუალური ლაქის სახით სხვადასხვა ზონაში გამომჟღავნდება. მაგალითი სურათზეა მოყვანილი.

ერთი და იმავე სინჯის სხვადასხვა სორბენტსა და გამხსნელში გამომჟღავნებისას, ერთი ლაქა მიიღება. ეს იმის დამადასტურებელია, რომ აღებული სინჯი სუფთაა.

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

სქემატურად თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის პროცესი ქვევით სურათზეა მოცემული.



## მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფია

### არსი და დანიშნულება

მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფია (ინგლ. HPLC, High performance liquid chromatography) ნივთიერებათა რთული ნარევების დაყოფის ერთ-ერთი ეფექტური მეთოდია. ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება როგორც ანალიზურ ქიმიაში, ასევე ქიმიურ ტექნოლოგიებში. ქრომატოგრაფიული დაყოფის საფუძველს ფაზების საზღვარზე ვან-დერ-ვაალსის (ძირითადად მოლეკულათშორისი) ურთიერთქმედებათა რთულ სისტემაში დასაყოფი ნარევის კომპონენტების მონაწილეობა წარმოადგენს. სითხური ქრომატოგრაფიის პრინციპი ეფუძნება ნარევის კომპონენტთა დაყოფას, რომელიც ორ შეურევად ფაზას შორის (ერთი ფაზა უძრავია და მეორე კი მოძრავი, ანუ ელუენტი) ცალკეული კომპონენტების წონასწორული განაწილების განსხვავებითაა განპირობებული.

მაღალეფექტურ სითხურ ქრომატოგრაფიაში მაღალ წნევებს (400 ბარამდე) და წვრილმარცვლოვან სორბენტს (ჩვეულებრივ 3 და 5 მკმ, არცთუ იშვიათად 1,8 მკმ დიამეტრის მქონე) იყენებენ. ეს საშუალებას იძლევა, რთული ნარევები სრულად და სწრაფად (საშუალოდ 3-დან 30 წუთამდე) დაიყოს.

მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფია გამოიყენება ისეთ სფეროებში, როგორიცაა: ქიმია, ნავთობქიმია, ბიოლოგია, ბიოტექნოლოგია, მედიცინა, კვების პროდუქტების წარმოება, კვების პროდუქტების ხარისხის კონტროლი, სოფლის მეურნეობა, გარემოს დაცვა, სამედიცინო პრეპარატების წარმოება და სხვა.

### ნორმალურფაზოვანი მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფია

უძრავი ფაზა მეტად პოლარულია ვიდრე მოძრავი. ამიტომაც ელუენტის შემადგენლობაში არაპოლარული გამხსნელი დომინირებს. მაგალითად:

- ჰექსანი: იზოპროპანოლი - 95:5 (მცირედ პოლარულ ნაერთთა ანალიზისთვის)
- ქლოროფორმი: მეთანოლი - 95:5 (საშუალოდ პოლარულ ნაერთთა ანალიზისთვის)
- ქლოროფორმი: მეთანოლო - 80:20 (ძლიერ პოლარულ ნაერთთა ანალიზისთვის)

### შებრუნებულფაზოვანი მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფია

შებრუნებულფაზოვან, მაღალეფექტურ სითხურ ქრომატოგრაფიაში (ინგლ. RP-HPLC, Reversed Phase — „შებრუნებულ ფაზას“ ნიშნავს) უძრავი ფაზა არაპოლარულია, ხოლო გამხსნელები (წყალხსნარები) პოლარული. უძრავი, ანუ სტაციონარული ფაზა ჩვეულებრივი სილიკაგელია, რომლის ზედაპირი მოდიფიცირებულია $RMe_2Si$-

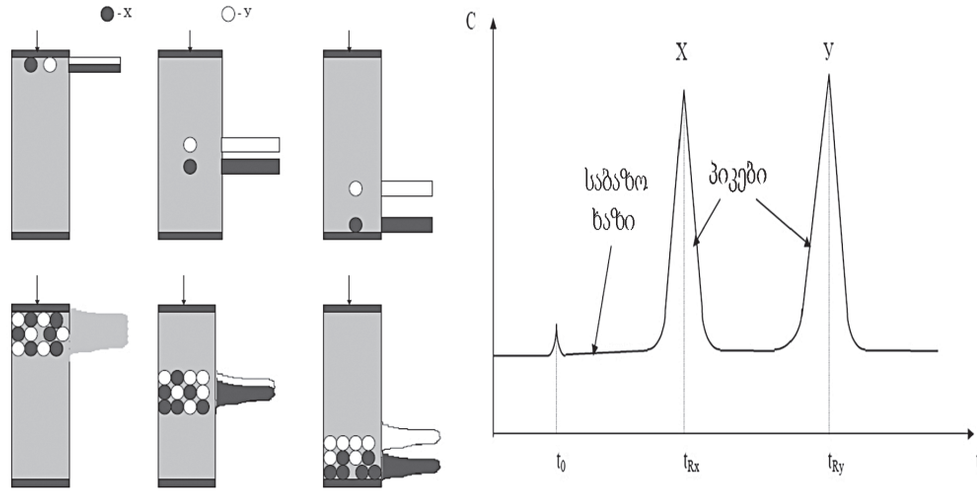
Cl-ით, სადაც R — ალკილური ჯგუფების სწორი ჯაჭვია, მაგალითად $C_{18}H_{37}$ ან $C_8H_{17}$. შესაბამისად ასხვავებენ სვეტებს, რომლებიც RP-18 ან RP-8 მასალითაა შევსებული.

ასეთი სტაციონარული ფაზების გამოყენებისას, ნაკლებპოლარული მოლეკულების შეკავების დრო მეტია, ხოლო მეტად პოლარული მოლეკულების ნაკლები და ისინი უფრო სწრაფად ელუირდება (გამოირეცხება). შეკავების გაზრდა მოძრავ ფაზაში წყლის დამატებით არის შესაძლებელი, რითაც ჰიდროფობური საანალიზო ნივთიერების კავშირი ჰიდროფობურ უძრავ (სტაციონარულ) ფაზასთან უფრო ძლიერია, ვიდრე უფრო მეტად ჰიდროფილურ, მოძრავ ფაზასთან. ანალოგიურად, ელუენტში ორგანული გამხსნელის (მოდიფიკატორის) დამატებით შესაძლებელია ნივთიერების შეკავების დროის შემცირება.

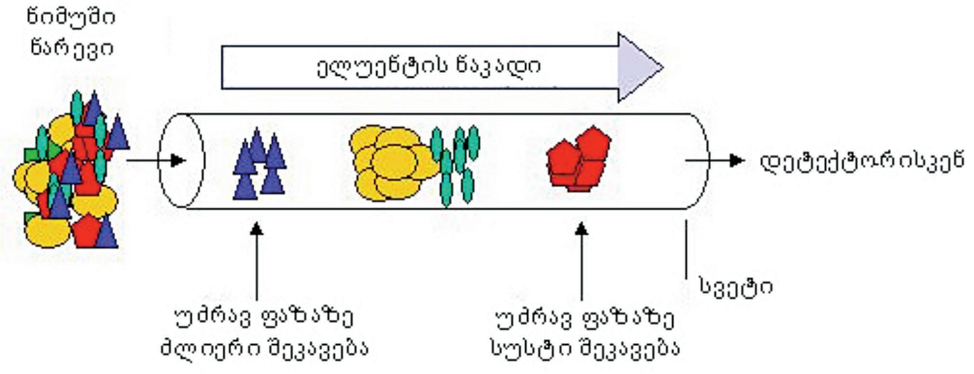
უძრავ ფაზაზე საძიებელი ნაერთის შეკავებაზე მისი მოლეკულების სტრუქტურულ აღნაგობასა და თვისებებს მნიშვნელოვანი როლი ეკისრება. დიდი ჰიდროფობური ნაწილის (C-H, C-C და არაპოლარული ატომური ბმები როგორიცაა S-S და სხვა) მქონე ნაერთი უძრავ ფაზაზე უფრო დიდხანს შეკავდება იმის გამო, რომ მოძრავ ფაზასთან (წყალხსნართან) ნაკლებად ურთიერთქმედებს. ანუ, ის უფრო მეტ დროს უძრავ ფაზაზე „ატარებს“, ვიდრე მოძრავში. ამის საპირისპიროდ, დიდი პოლარული ნაწილის მქონე საძიებელი ნაერთები (თავის სტრუქტურაში პოლარული ჯგუფები -OH, $-NH_2$, $COO^-$ ან $-NH_3^+$ გააჩნია) ნაკლებად შეკავდება, რადგან მოძრავ ფაზასთან მეტად ურთიერთობს, ანუ მასში უფრო მეტ დროს „ატარებს“, ვიდრე უძრავ ფაზაზე. შესაბამისად, თუ საძიებელ ნარევში განსხვავებული ჰიდროფობურობის მქონე კომპონენტებია, ისინი ქრომატოგრაფიული სვეტიდან სხვადასხვა დროს, მიმდევრობით ელუირდებიან და შესაბამისად დეტექტორის მიერ სხვადასხვა პიკებად აღირიცხებიან. იხ. სურათები.

მოძრავი ფაზის (სითხის) ზედაპირული დაჭიმულობისგან დამოუკიდებლად, საძიებელი ნივთიერების შეკავების დროზე მის სხვა მახასიათებლებსაც დიდი გავლენა გააჩნიათ. ასე მაგალითად, ელუენტში არაორგანული მარილების დამატება, წყალხსნარების ზედაპირული დაჭიმულობის წრფივ და ზომიერ ზრდას განაპირობებს.

სხვა მნიშვნელოვანი ფაქტორი მოძრავი ფაზის pH სიდიდეა, რომელსაც საძიებელი ნივთიერების ჰიდროფობურობის ბუნების შეცვლა შეუძლია. საამისოდ, მრავალ მეთოდში ე.წ. ბუფერული რეაგენტი გამოიყენება, მაგალითად ნატრიუმის ფოსფატი. მისი დამატებით pH სიდიდის კონტროლია შესაძლებელი.




კიდევ უფრო თვალსაჩინოდ აღწერილი ქრომატოგრაფიული პროცესი ქვემოთ სურათზეა ვიზუალიზებული.



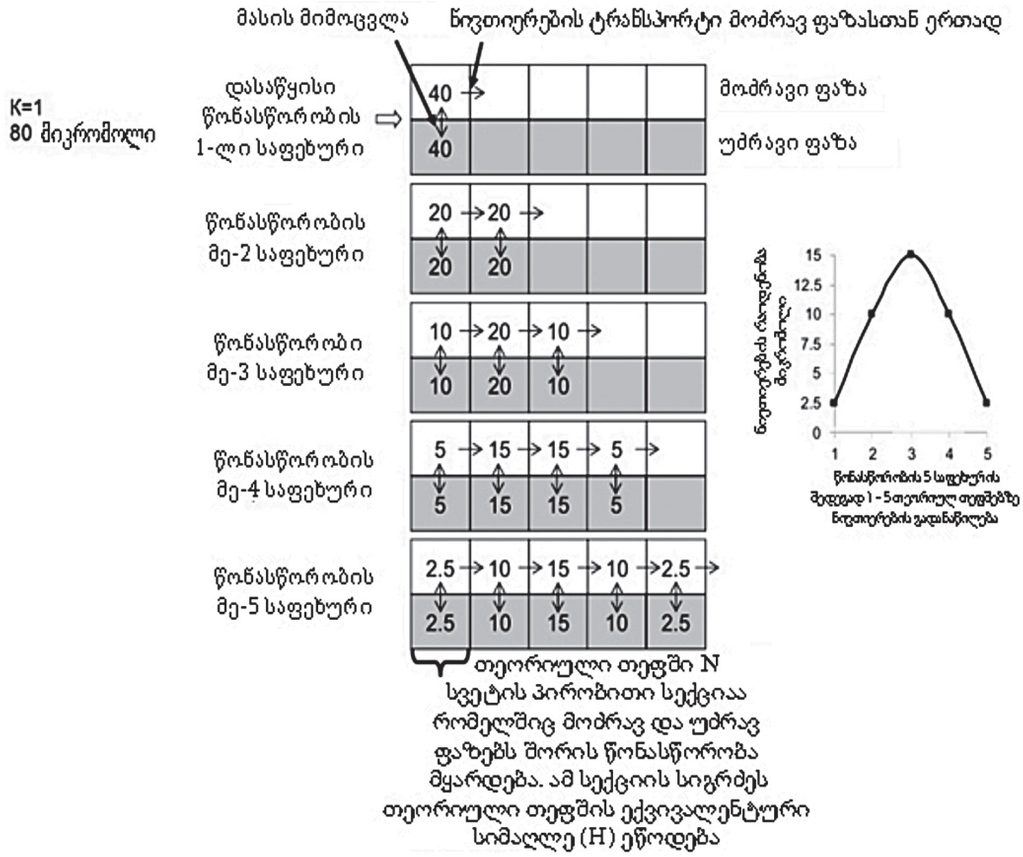

მოძრავი ფაზის (სითხის) ზედაპირული დაჭიმულობისგან დამოუკიდებლად მისი სხვა მახასიათებლებსაც საძიებელი ნივთიერების შეკავების დროზე დიდი გავლენა გააჩნიათ. ასე მაგალითად ელუენტში არაორგანული მარილების დამატება წყალხსნარების ზედაპირული დაჭიმულობის წრფივ ზომიერ ზრდას განაპირობებს.

სხვა მნიშვნელოვანი ფაქტორი მოძრავი ფაზის pH სიდიდეა, რომელსაც საძიებელი ნივთიერების ჰიდროფობურობის ბუნების შეცვლა შეუძლია. საამისოდ ბევრ მეთოდში ე.წ. ბუფერული რეაგენტი გამოიყენება, მაგალითად ნატრიუმის ფოსფატი. მისი დამატებით pH სიდიდის კონტროლია შესაძლებელი.

### ქრომატოგრაფიული განაწილების მოდელი

ქრომატოგრაფია გამარტივებულად შეიძლება განიხილონ როგორც დაყოფის პროცესში მიმდინარე, გაწონასწორების უწყვეტი საფეხურების მიმდევრობა. სვეტის მცირე სექციაში (ე.წ. თეფში) მიიღწევა უძრავ და მოძრავ ფაზებს შორის ნივთიერების

რაოდენობის წონასწორობა, რომელიც კონკრეტული ნივთიერების მახასიათებელი K კოეფიციენტით აღინიშნება. ეს მოდელი ე.წ. „თეორიული თეფშების“ საფუძველს წარმოადგენს. თუმცა გასათვალისწინებელია, რომ ეს ძალზე გამარტივებული წარმოდგენაა, რადგან ეფუძნება იმ დაშვებას, რომ ყოველ საფეხურზე სრული წონასწორობა მიიღწევა, რაც თავის მხრივ, მოძრავი ფაზის სვეტში გადაადგილების გამო სინამდვილეს არ შეესაბამება. მოდელი გულისხმობს, რომ სვეტის სექციების მიხედვით ნივთიერების განაწილება ე.წ. ნორმალურ განაწილებას შეესაბამება და ნივთიერების შესაბამის იდეალურ პიკს ქრომატოგრამაზე გაუსის ფუნქციის ფორმა გააჩნია. იხ. სურათი.



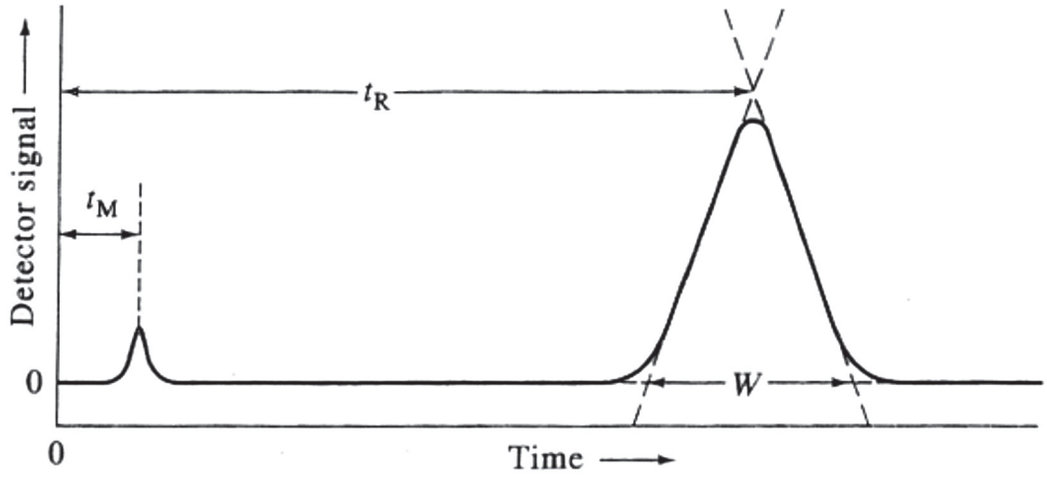

## ქრომატოგრაფიის წონასწორული თეორია

ქრომატოგრაფიული პროცესის თეორიული აღწერისთვის მიღებულია ე.წ. თეფშების თეორია, რომელიც წონასწორულ პრინციპს ეფუძნება. თეფშების მოდელში მიჩნეულია, რომ უძრავი ფაზა დაყოფილია „თეფშებად“ (როგორც მაგალითად დისტილაციის პროცესში). საანალიზო ნივთიერების განაწილების თვალსაზრისით, თითოეულ „თეფშზე“ დამყარებულია წონასწორობა მოძრავ და უძრავ ფაზას შორის. წონასწორობა აღინიშნება განაწილების კოეფიციენტით K.

$$K = C_m / C_s$$

სადაც $C_m$ ნივთიერების კონცენტრაციაა მოძრავ ფაზაში, ხოლო $C_s$ - უძრავ ფაზაში.

დროს, რომელიც საჭიროა ნიმუშის ინიცირებიდან (შეყვანიდან) კომპონენტის დეტექტორამდე გადაადგილებისთვის, უწოდებენ შეკავების დროს $t_R$. მათი დაყოფის შემთხვევაში, ნიმუშში შემავალ ყველა კომპონენტს შეკავების განსხვავებული დრო გააჩნია. $t_M$ წარმოადგენს ე.წ. მკვდარი მოცულობის შეკავების დროს, ანუ იმ დროს, როდესაც ნიმუში ქრომატოგრაფიულ სვეტზე შეკავების გარეშე ელუირდება, იხ. სურათი.




ქრომატოგრაფიული პიკის მახასიათებელი შეკავების ფაქტორი k’ რომელიმე კომპონენტისთვის განისაზღვრება ფორმულით:

$$k' = t_R - t_M / t_M$$

სადაც $t_R$ და $t_M$ მიღებული ქრომატოგრამიდან ადვილად განისაზღვრება. იდეალური შემთხვევაა, როდესაც k’-ის მნიშვნელობა 1-დან 5-მდეა.

შემდეგი მახასიათებელია სელექტივობა α, რომელიც სვეტზე A და B კომპონენტების დაყოფას გვიჩვენებს, და A და B კომპონენტის შეკავების ფაქტორების ფარდობით გამოითვლება:

α დამოკიდებულია მხოლოდ საანალიზო კომპონენტის ბუნებაზე, ელუენტის ტიპზე, მის შედგენილობაზე, ადსორბენტის ბუნებასა და მისი ზედაპირის ქიმიაზე. თეფშების მოდელი გულისხმობს, რომ სვეტი შედგება დამყოფი შრეების დიდი რაოდენობისგან და ამ შრეებს თეორიული თეფშები ეწოდებათ. თეორიული თეფშების რიცხვი აღინიშნება N-ით. თეორიული თეფშების რაოდენობა, ქრომატოგრაფიული სვეტის ეფექტურობის მაჩვენებელია. სურათზე სწორად ასეთი მოდელია ნაჩვენები.

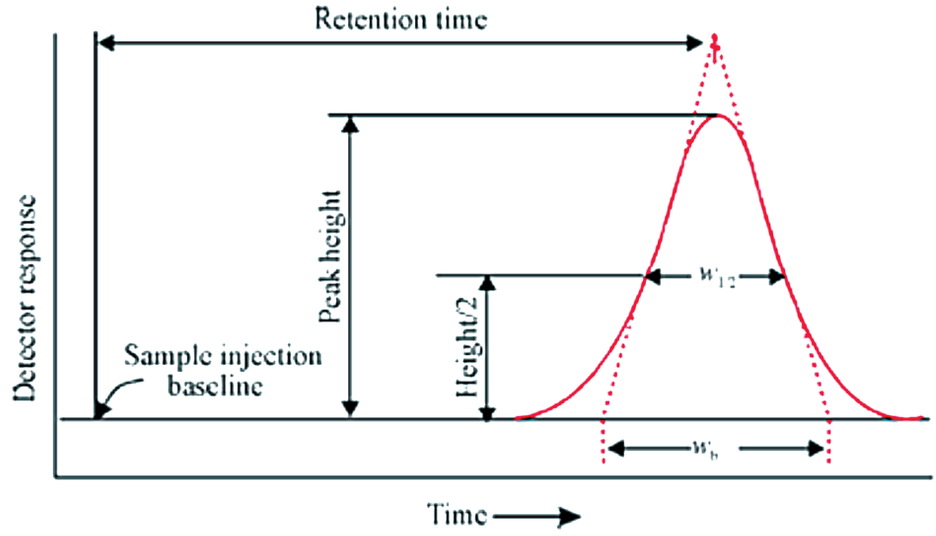
ქრომატოგრაფიული პიკის მიხედვით შესაძლოა ვიმსჯელოთ თეორიული თეფშების რიცხვზე N, რომელიც ქრომატოგრაფიული სვეტის ეფექტურობის რაოდენობრივი

მახასიათებელია. პიკის დასაწყისის და ბოლოს გადაკვეთის შორის მანძილს, პიკის სიგანე w ეწოდება, რომელიც ხშირად დროის ერთეულებში იზომება. თეორიული თეფშების რიცხვს, პიკის გამოსვლის დროს და მის სიგანეს შორის დამოკიდებულება გამოიხატება ფორმულით:

$$N = 16\ (t_R / W)^2$$

თუმცა, იმის გამო, რომ ძნელია მაღალი სიზუსტით პიკის დაწყების და დამთავრების დრო გაიზომოს, პიკის სიგანის ნაცვლად იყენებენ პიკის სიგანეს მის ნახევარ სიმაღლეზე $w_{1/2}$. ამ შემთხვევაში, თეორიული თეფშების რიცხვი შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N = 5{,}54\ (t_R / W_{1/2})^2$$




აღსანიშნავია რომ სელექტიურობა α გვიჩვენებს მხოლოდ კომპონენტების მაქსიმუმების დაშორებას ერთმანეთისგან, ხოლო თუ რამდენად დაშორებულია პიკის ფუძეები ქრომატოგრამაზე, ანუ რამდენად ეფექტურადაა დაყოფილი კომპონენტები, ამას ე.წ. გარჩევითობა $R_S$ გვთავაზობს:

$$R_s = 1/4 \cdot \sqrt{N} \cdot (\alpha - 1 / \alpha) \cdot (k' / k' + 1)$$

თუ α=1 - დაყოფა არ მოხდება, მაგრამ როდესაც α=1.01, უკვე შეიმჩნევა ნაწილობრივი დაყოფა. ასევე არ მოხდება დაყოფა, როდესაც k'= 0.

გარჩევითობის (Rs-ის) ექსპერიმენტულად გამოთვლა შესაძლებელია შემდეგი ფორმულით:

$$R_s = 2\ (t_{R2}-t_{R1}) / W_1 + W_2$$

სადაც, $w_1$ და $w_2$ შესაბამისად A და B კომპონენტების პიკების სიგანეებია.

სვეტის ეფექტური მონაკვეთის სიგრძე (სმ ან მმ), რომელზეც მეტად ხანმოკლედ დროით, მაგრამ მაინც მიიღწევა მოძრავ და უძრავ ფაზებს შორის საკვლევი ნივთიერების კონცენტრაციის წონასწორობა, თეორიული თეფშის ექვივალენტური სიმაღლე ეწოდება. თეორიული თეფშების სიმაღლე გამოითვლება ფორმულით:

$$H = L / N$$

სადაც H - თეორიული თეფშის ექვივალენტური სიმაღლეა, L - ქრომატოგრაფიული სვეტის სიგრძე, ხოლო N - თეორიული თეფშების რიცხვი. თეორიული თეფშების რიცხვი ძირითადად სვეტის სიგრძეზეა დამოკიდებული. რაც მეტია სვეტის სიგრძე, მით მეტია თეორიული თეფშების რიცხვი. თავის მხრივ, რაც მეტია თეორიული თეფშების რიცხვი, მით ეფექტურია სვეტი. ასევე, რაც ნაკლებია თეორიული თეფშების სიმაღლე, მით მეტია მათი რაოდენობა სიგრძის ერთეულში და მით მეტია სვეტის ეფექტურობა. წონასწორული თეფშების მოდელი გამოიყენება ქრომატოგრაფიული სვეტების და ქრომატოგრაფიის აღსაწერად, თუმცა არ აჩვენებს პროცესის დროს მიმდინარე მოვლენებს.

დაყოფის ხარისხი დამოკიდებულია სვეტის ეფექტურობასა და გამოყენებული სორბენტის სელექტივობაზე. დაბალი სელექტივობა და ეფექტურობა იწვევს ნაწილობრივ დაყოფას. თუ $R_s \geq 1.5$, ადგილი აქვს სრულ დაყოფას, თუმცა შეიმჩნევა უმნიშვნელო გადაფარვა პიკების დაბოლოებებით. თუ $R_s < 1$, ადგილი აქვს არასრულ დაყოფას და საჭიროა მისი გაუმჯობესება. ქრომატოგრაფიული ანალიზის მეთოდის დამუშავების პროცესში ძირითადი მნიშვნელობა გარჩევითობის მაქსიმალურად მაღალი სიდიდის მიღწევას ენიჭება. ქრომატოგრაფიული გარჩევითობის გაზრდა შესაძლებელია მეთოდის ოპტიმიზაციის პროცესში, მაგალითისთვის შეგვიძლია გამოვიყენოთ უფრო გრძელი სვეტები, უფრო მცირე ნიმუშის მოცულობა, ასევე შევამციროთ ნაკადის სიჩქარე ან გავზარდოთ სვეტის ტემპერატურა. ამდენად, ექსპერიმენტის პირობების შეცვლა და მათი სათანადო შერჩევა დაყოფის ხარისხის გაუმჯობესებას განაპირობებს, რაც ოპერატორის მთავარი ამოცანაა.

### მაღალეფექტური სითხურ ქრომატოგრაფიის აპარატურა

მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიის აპარატურა რამდენიმე ძირითადი ბლოკისგან შედგება, თუმცა, ფუნქციის, წარმადობის გაზრდისა და შესასრულებელი ამოცანების გაფართოების მიზნით დამატებითი მოდულების გამოყენებაც არის შესაძლებელი.

ეს ძირითადი ბლოკებია:

- ტუმბო
- ინჟექტორი (ნიმუშის შეყვანის მოწყობილობა)
- სვეტი
- თერმოსტატი
- დეტექტორი
- მონაცემების ჩამწერი მოწყობილობა.

**ტუმბო** იყოფა ორ კლასად:

- გრადიენტული
- იზოკრატული.

იზოკრატული ტუმბოები ისეთ შემთხვევებში გამოიყენება, სადაც მოძრავი ფაზის შემადგენლობის ცვლილება ანალიზის მიმდინარეობისას საჭირო არ არის. თუ ამოცანიდან გამომდინარე, მრავალკომპონენტიანი ნარევის ეფექტური დაყოფისა და ანალიზისთვის ორგანული და არაორგანული ფაზის შემადგენლობის ცვლილებაა საჭირო, ასეთ შემთხვევაში აუცილებელია გრადიენტული ტუმბოს გამოყენება.

**ინჟექტორი** ძირითადად ორი ტიპისაა, ე.წ. ხელის ინჟექტორები ფიქსირებული ზომის მქონე ნიმუშის მარყუჟით, როცა ნიმუშის შეყვანა ხელით, 100 მკლ შპრიცის მეშვეობით ხდება, და ავტომატური ინჟექტორები, რომლებიც შეთავსებულები არიან ნიმუშების ავტომატურ მიმწოდებელთან, ე.წ. ავტოსამპლერთან. ავტომატურ ინჟექტორებს შეუძლიათ ნიმუშის შეყვანის სრული ავტომატიზაცია, იმ დროს, როცა ნიმუშების ავტომატური მიმწოდებელი 100-მდე ნიმუშს იტევს.

### სვეტი

მაღალეფექტურ სითხურ ქრომატოგრაფიაში გამოიყენება სხვადასხვა ზომის სვეტი, რომლებიც კონკრეტული ამოცანის შესასრულებლად, ანალიზისთვის საჭირო ფაზითა შევსებული. როგორც წესი, ქრომატოგრაფიული სვეტი უჟანგავი მეტალის მილს წარმოადგენს, რომელშიც მოთავსებულია სტაციონარული ფაზა. ანალიტიკურ ქრომატოგრაფიაში ძირითადად გამოიყენება ისეთი სვეტები, რომელთა მილის შიდა დიამეტრი 3 ან 4,6 მმ-ია, ხოლო სიგრძე 100, 150, 250 ან 300 მმ-ია. თუმცა დარგის განვითარებასთან ერთად, ქრომატოგრაფიული სვეტების წარმოებაც განვითარდა და სულ უფრო ხშირად გაცილებით მცირე ზომის სვეტებსაც იყენებენ.

### სვეტების თერმოსტატი

მასში შეიძლება მოთავსდეს ერთი, ორი ან მეტი სვეტი. შესაძლებელია სვეტებს შორის ავტომატური გადართვაც, რასაც თერმოსტატთან ასოცირებული სპეციალური მოწყობილობა უზრუნველყოფს. სვეტების თერმოსტატი სვეტისთვის მითითებულ სტაბილურ ტემპერატურას უზრუნველყოფს. ამდენად, გარემოს ტემპერატურის ცვლილების გავლენა ნიველირებულია. როგორც წესი, მაღალეფექტურ სითხურ ქრომატოგრაფიაში სვეტის ტემპერატურა არ არის იმდენად მნიშვნელოვანი, როგორც ეს გაზურ ქრომატოგრაფიაშია, თუმცა რიგ შემთხვევებში, ამოცანიდან გამომდინარე, უაღრესად საჭიროა.

### დეტექტორი

ყველაზე ფართოდ გამოყენება ულტრაიისფერ და ხილულ უბანში მომუშავე დეტექტორები (ე.წ. UV/Vis-დეტექტორი), რომლებიც კიუვეტაში გამავალი ხსნარის მიერ სინათლის აბსორბციას აფიქსირებენ. არსებობს ამ ტიპის დეტექტორების სხვადასხვა სახეობა: ერთტალღიანი, მრავალტალღიანი და დიოდური მატრიცის მქონე. ასეთ დეტექტორებში, სინათლის წყაროდ შემდეგი სახის ნათურები გამოიყენება:

- დეიტერიუმის ნათურა 190 – 400 ნმ (UV უბანში)
- ქსენონის ნათურა 160 – 2000 ნმ (UV და ხილული უბნისთვის)

გარდა ულტრაიისფერი დეტექტორებისა, არსებობს სხვა ტიპის სპეციფიური დეტექტორებიც, ე.წ. სელექტიური დეტექტორები, რომლებსაც ნივთიერებათა გარკვეული ჯგუფის მიმართ მაღალი მგრძნობიარობა გააჩნიათ. მაგალითად, გარდატეხის მაჩვენებლის დეტექტორები (ე.წ. რეფრაქტომეტრული) ნახშირწყლების ანალიზისას გამოიყენება, ფლუორესცენტული დეტექტორები ფლუორესცენციის უნარის მქონე ნივთიერებების ანალიზისას, სინათლის გაბნევის დეტექტორები უნივერსალურობით და მაღალი მგრძნობიარობით გამოირჩევა, თუმცა მათზე გაცილებით მაღალი მგრძნობიარობა მას-სპექტრომეტრულ დეტექტორებს გააჩნიათ. მაგალითად, იონურ ქრომატოგრაფიაში ელექტროქიმიური დეტექტორები გამოიყენება.

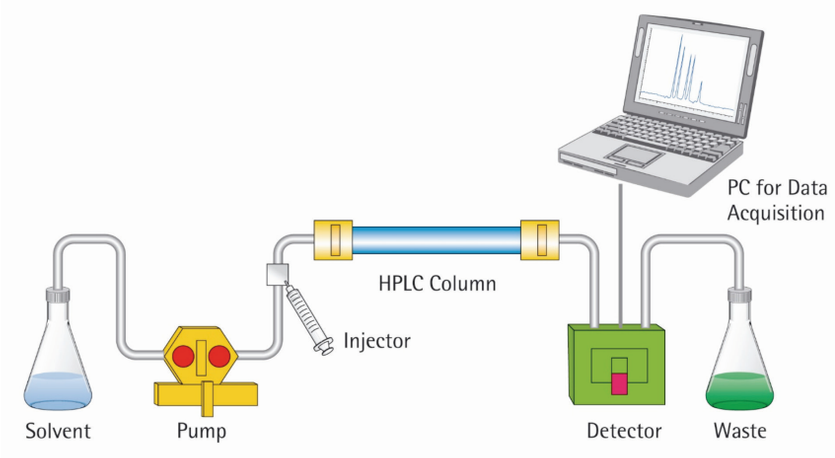
### დამატებითი მოდულები

აღსანიშნავია სითხურ ქრომატოგრაფებში ფართოდ გამოყენებადი მოძრავი ფაზის **დეგაზატორის ბლოკი**, რომელიც მოძრავ ფაზაში გახსნილი აირების მოცილებას უზრუნველყოფს. ეს საჭიროა, რათა აირმა გავლენა არ მოახდინოს ანალიზზე. თანამედროვე სისტემებში დეგაზატორის ბლოკი უშუალოდ ტუმბოშია დამონტაჟებული.

### მონაცემების ჩამწერი მოწყობილობა

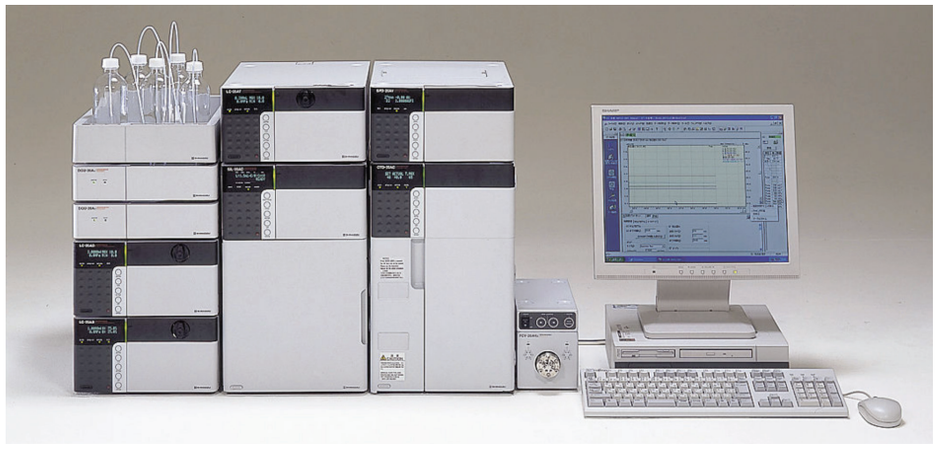
დეტექტორის სიგნალების ჩასაწერად ე.წ. თვითჩამწერები გამოიყენებოდა, შემდეგ ინტეგრატორები, რომლებიც გარდა ქრომატოგრამის ჩაწერისა, პიკების ინტეგრაციასაც (პიკის სიმაღლისა და ფართობის გამოთვლას) ახდენდნენ. დღეს მონაცემთა აღრიცხვა და მათი დამუშავება, აგრეთვე მთლიანი ხელსაწყოს მართვა, სპეციალური კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფითა და პერსონალური კომპიუტერით ხორციელდება. როგორც წესი, ქრომატოგრაფის მწარმოებელ ყველა კომპანიას საკუთარი პროგრამული უზრუნველყოფა აქვს შემუშავებული, რომელიც მხოლოდ მათი წარმოების ქრომატოგრაფებთან მუშაობს. თუმცა, ბოლო პერიოდში ქრომატოგრაფიული სისტემების მართვის და მონაცემების შენახვის უნიფიცირების ტენდენციაც გამოიკვეთა.

ქვემოთ, სურათზე მოყვანილია სითხური ქრომატოგრაფის ბლოკ-სქემა.



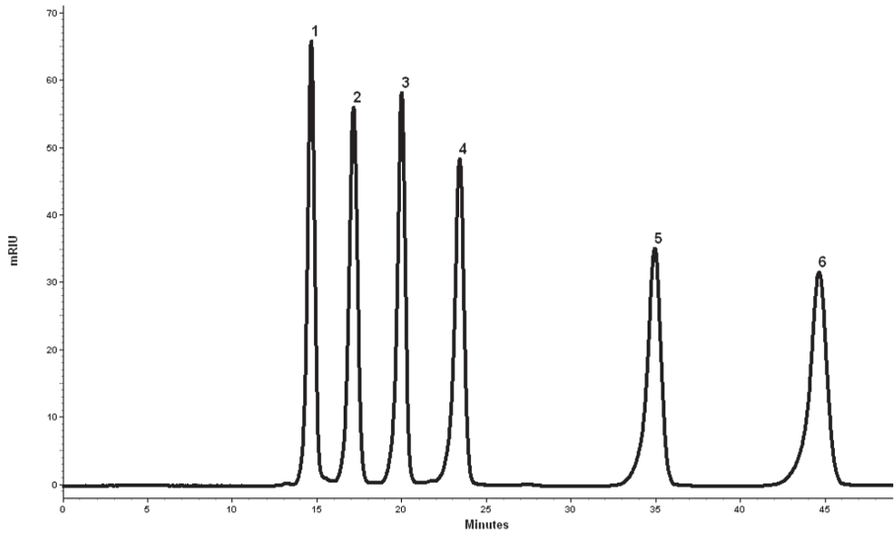

ქრომატოგრაფის ბლოკ-სქემა

ქვემოთ, სურათზე ნაჩვენებია მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფის ტიპური აპარატურა.



მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფის ტიპური აპარატურა

ქვემოთ, სურათზე მაგალითის სახით მოყვანილია ტიპური ქრომატოგრამის ნიმუში. თითოეული პიკი კონკრეტულ ნივთიერებას შეესაბამება.



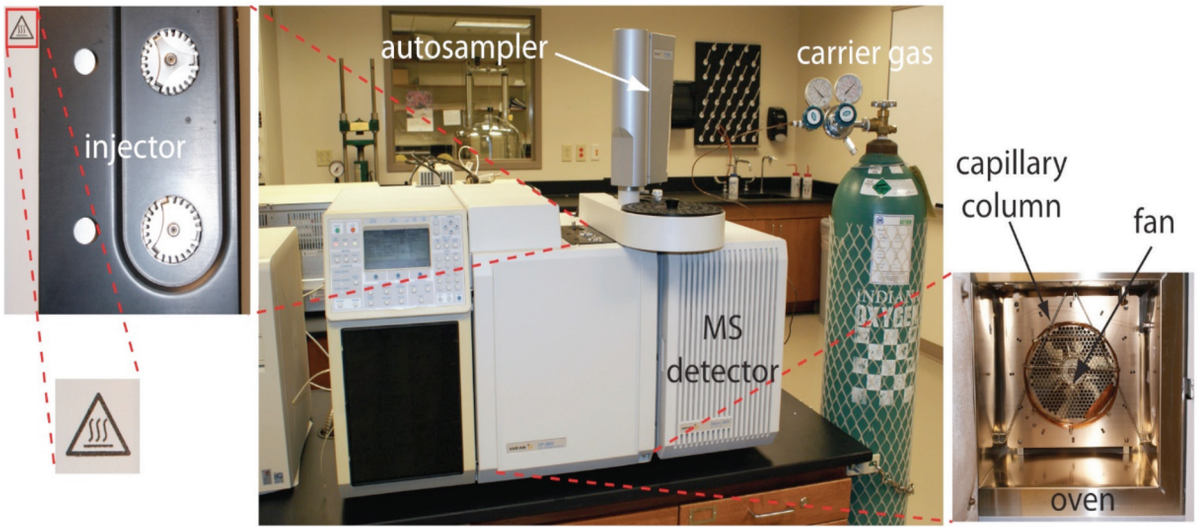

### ქრომატოგრაფიული მეთოდების შერჩევა, გააქტიურება და ქრომატოგრაფული ანალიზის ჩატარების თანმიმდევრობა

- ნიმუშის მომზადება
- ქრომატოგრაფის ჩართვა
- კომპიუტერის ჩართვა
- ხელსაწყოს ყველა ბლოკის ჩართვა
- დალოდება, სანამ ბლოკები სამუშაო რეჟიმში შევა (ავტომატურად ხდება)
- ხელსაწყოს მართვის პროგრამის გამოძახება
- მეთოდების კალათაში შესვლა
- კალათიდან შესაბამისი მეთოდის შერჩევა და გააქტიურება
- ნიმუშის განთავსება ხელსაწყოს ნიმუშის შეყვანის ბლოკში
- ნიმუშის შესახებ ინფორმაციის შეყვანა
- მეთოდის გაშვება
- მონაცემების მიღება (მონიტორზე გამოჩნდება ანალიზის მიმდინარეობა და ქრომატოგრამა საძიებელი პიკებით)
- მონაცემების დამუშავება.

# გაზური ქრომატოგრაფია

## აპარატურული ნაწილის ზოგადი აღწერა

გაზური ქრომატოგრაფია სვეტისმიერი ქრომატოგრაფიის ერთ-ერთი მეთოდია, სადაც მოძრავ ფაზად გამოიყენება აირი, რომელიც უძრავი ფაზით შევსებულ სვეტში მოძრაობს. იყენებენ როგორც აირადსორბციულს, ასევე აირთხევად (უპირატესად ამას) ქრომატოგრაფიულ მეთოდს. ანალიზი ტარდება ხელსაწყოზე, რომელსაც გაზური ქრომატოგრაფი ეწოდება. იხ. სურათი.



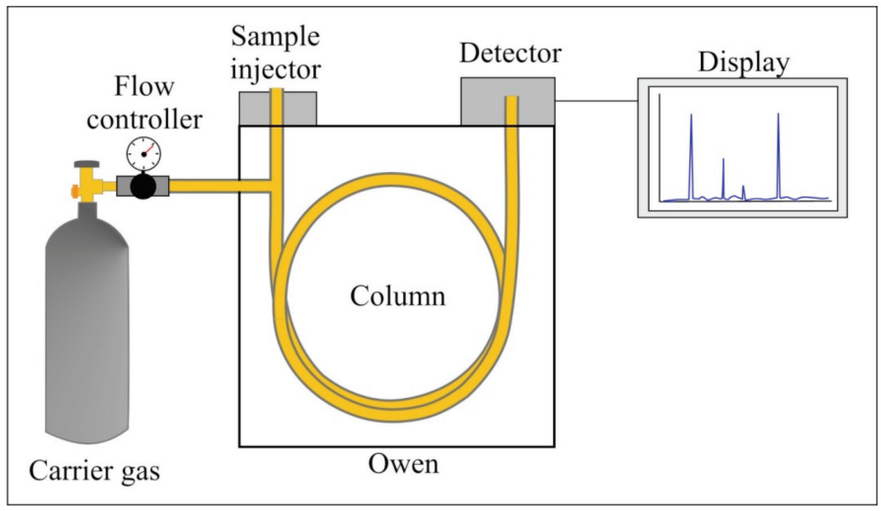

გაზური ქრომატოგრაფი

გაზური ქრომატოგრაფის ძირითადი კვანძებია:

- მოძრავი ფაზის წყარო
- ნიმუშის შეყვანის მოწყობილობა (ინჟექტორი)
- თერმოსტატი და მასში მოთავსებული სვეტი
- დეტექტორი
- მონაცემების შეკრებისა და დამუშავების სისტემა - პერსონალური კომპიუტერი და სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა.

გაზური ქრომატოგრაფის სქემა მოცემულია სურათზე.

ნარევების დასაყოფად საჭირო და ანალიზის მეთოდით გათვალისწინებული ტემპერატურული რეჟიმები მიიღწევა ინჟექტორის, სვეტისა და დეტექტორის თერმოსტატირებით.



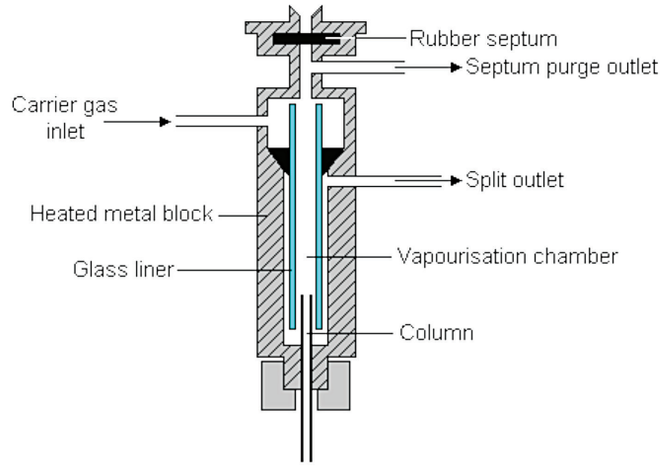

გაზური ქრომატოგრაფის სქემა

### მოძრავი ფაზა

მოძრავ ფაზად გამოიყენება აზოტი, ჰელიუმი ან წყალბადი. ეს აირ-მატარებლები სისტემას შეიძლება მიეწოდოს აირ-ბალონიდან ან გენერატორიდან, რომლებიც მაღალი სისუფთავის აირებს აწარმოებენ. აირი გაივლის რეგულირებისა და ნაკადის სტაბილიზაციის ბლოკს (ე.წ. რედუქტორს), რომელიც ქრომატოგრაფში შესვლამდე აირის წნევისა და სიჩქარის გაზომვის საშუალებას იძლევა.

### ნიმუშის შეყვანა, ინჟექტორი

თხევადი ნიმუშის (ხსნარის) შეყვანის ყველაზე გავრცელებული მეთოდია ამაორთქლებელში შპრიცის მეშვეობით, თვითგამკვრივებადი მემბრანის გავლით ინჟექტირება (იხ. სურათი). თუმცა, აირადი, თხევადი ან მყარი ნივთირებების ინჟექტირებისთვის შესაძლოა ქრომატოგრაფი დოზატორითაც აღიჭურვოს (მათ შორის ავტომატურით). გამოდევნისა და შეგროვების (purge and trap) მეთოდით ინჟექტირება გამოიყენება სპეციალურ ადსორბციულ ხაფანგში (სვეტში) ადვილად აქროლადი კომპონენტების გამოსაყოფად და შესაგროვებლად, მათი შემდგომი სწრაფი თბური დესორბციისა და ქრომატოგრაფიულ სვეტში შეყვანის მიზნით. ხოლო აირფაზოვანი კონცენტრირების მოწყობილობა (head-space) აქროლადი ნაერთების განსაზღვრის მგრძნობიარობის ასამაღლებლად გამოიყენება.



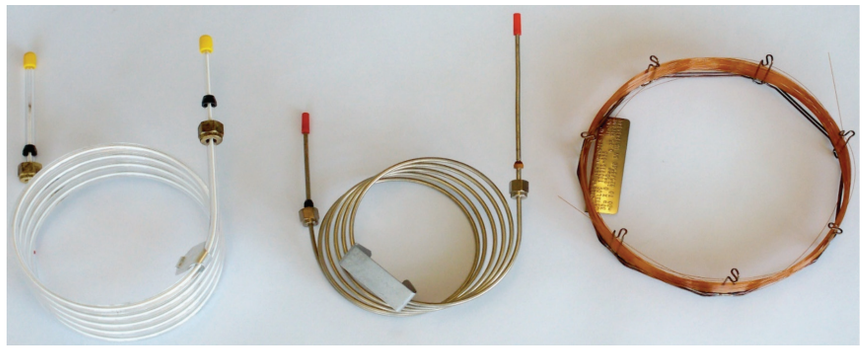
### სვეტები

პრაქტიკაში სამი ტიპის ანალიზური სვეტი (იხ. სურათი) გამოიყენება:

- წამოსაცმელი (დატენვადი)
- მიკროწამოსაცმელი
- კაპილარული.

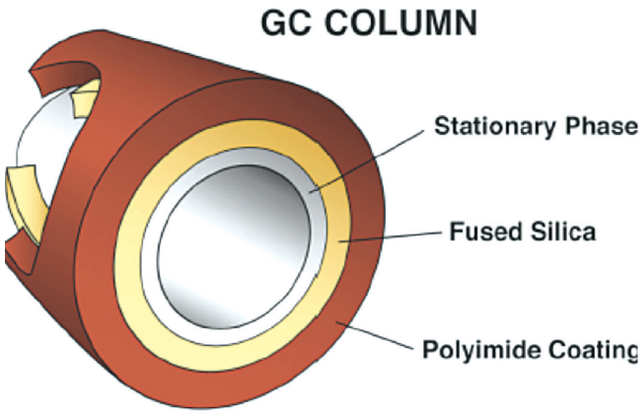
**წამოსაცმელი (დატენვადი)** სვეტი მეტალის (უჟანგავი ფოლადი, ნიკელი, სპილენძი), მინის და ტეფლონისაა. ისეთი არამდგრადი ნაერთების დასაყოფად, რომლებიც მეტალის ზედაპირთან კონტაქტისას კატალიზურად იშლება, მინის ან ტეფლონის სვეტებს იყენებენ. წამოსაცმელი (დატენვადი) სვეტების ფორმა ხაზოვანია, U-ს ან W-ს ფორმის, ასევე სპირალური. მათი შიდა დიამეტრი 2-4 მმ-ია, ხოლო სიგრძე 1-4 მ. მიკროწამოსაცმელი სვეტების შიდა დიამეტრი 0.5-1 მმ-ია, ხოლო სიგრძე 0.5-3 მ.

**კაპილარულ** სვეტებს კვარცისგან ამზადებენ და სპირალურად ახვევენ. შიდა დიამეტრის (d) მიხედვით ისინი იყოფა: სახელდობრ კაპილარულად (d=0.2–0.3 მმ, სიგრძე 5–100მ), ვიწროკაპილარულად (d=0.05–0.2მმ, სიგრძე 5–100მ), განიერკაპილარულად (d=0.3–0.8 მმ, სიგრძე 10–60 მ) და პოლიკაპილარულად (d=0.4 მმ, სიგრძე 0.2 ან 1 მ).



წამოსაცმელ და მიკროწამოსაცმელ სვეტებში დატენილი სორბენტი მილის შიგნით მკვრივი და ერთგვაროვანი უნდა იყოს, სიცარიელეების გარეშე. რაც უფრო მკვრივი და ერთგვაროვანია დატენილი სორბენტი, მით ნაკლებია პიკების გართხმა და მეტია სვეტის ეფექტურობა. კაპილარულ სვეტებში სორბენტის ფენა დაფენილია კაპილარის შიდა ზედაპირზე, თხევადი ფენის უძრავი ფაზის ან 0.1–5 მკმ სისქის მქონე ადსორბენტის ფენის სახით, რომლის ფუნქციასაც უმეტესწილად პოლიმერული აპკი ასრულებს (იხ. სურათი). კაპილარული სვეტების მახასიათებლებიდან და საანალიზო ნაერთების კონცენტრაციიდან გამომდინარე, სვეტში ნიმუშის შეყვანა ნაკადის გაყოფით ან მის გარეშე ხორციელდება.

სვეტის ტემპერატურის პროგრამირების სისტემა აუმჯობესებს დაყოფისუნარიანობას და ანალიზის დროს ამცირებს.




**უძრავი ფაზები**

აირადსორბციულ ქრომატოგრაფიაში სორბენტად (ადსორბენტად) არაორგანული (სილიკაგელი, - სფეროსილი, ფორასილი, სილიქრომი; გრაფიტირებული თერმული ჭვარტლი - კარბოლაკ C და B, კარბოსივი, კარბოსფერი; მოლეკულური საცერები - ნატრიუმისა და კალციუმის ალუმინსილიკატები) და ფოროვანი პოლიმერული სორბენტები გამოიყენება.

აირთხევად ქრომატოგრაფიაში უძრავი ფაზა (სორბენტი) არის სითხე, რომელიც მყარ მატარებელზეა დაფენილი. მატარებელი მცირე კუთრი ზედაპირის მქონე შედარებით ინერტული ადსორბენტია, რომელზეც თანაბარი სისქის მქონე აპკია (უძრავი ფაზა) დამაგრებული. მატარებელი მექანიკურად გამძლე უნდა იყოს, შეძლებისდაგვარად სფერული ფორმის და მიკროფოროვანი სტრუქტურის მქონე. მინერალური მატარებლების უმრავლესობას გადამუშავებული დიატომიტები წარმოადგენენ. ჩვეულებრივ გამოიყენება 125–150 მკმ ან 150–180 მკმ ზომის ნაწილაკებიანი მატარებლები.

უძრავი ფაზები ძნელადაქროლად სითხეებს იყენებენ. ისინი გამოყენების ტემპერატურული ზღვრებით (დაბალტემპერატურული - 100°C-მდე; საშუალო ტემპერატურის - 200°C-მდე; მაღალტემპერატურული - 350°C-მდე) და პოლარობით განსხვავდება. ყველა უძრავი ფაზა 4 ჯგუფად იყოფა:

- არაპოლარული
- სუსტად პოლარული
- საშუალოდ პოლარული
- ძლიერპოლარული.

ქიმიური შემადგენლობით უძრავი ფაზები შემდეგ კლასებს განეკუთვნება:

- ალიფატური და არომატული ნახშირწყალბადები
- ფტალატები და ფოსფატები
- მატრივი და რთული ეთერები
- ნიტრილები და ნიტრილეთერები.

ასევე შემუშავებულია ე.წ. ბმული უძრავი ფაზები, რომლებიც ქიმიური გზით დატანილ მონოფენოვან აპკს წარმოადგენენ. ასეთი სორბენტები მაღალი თერმომედეგობითა და გაზრდილი ინერტულობით ხასიათდება და სხვა სორბენტებთან შედარებით სვეტებს უფრო მაღალ ეფექტურობას სძენენ.

## დეტექტორები

დეტექტორების უმნიშვნელოვანესი მახასიათებლებია მგრძნობიარობა, წრფივი დინამიური დიაპაზონი (საძიებელი ნაერთის კონცენტრაციის დიაპაზონი ,რომელშიც დეტექტორის სიგნალის ნაერთის კონცენტრაციისგან დამოკიდებულება წრფივია) და სელექტიურობა.

ყველაზე ხშირად ე.წ. ალურ-იონიზაციური დეტექტორი (FID) გამოიყენება (იხ. სურათი). ეს უმრავლესობა ორგანული ნაერთის მიმართ მისი მაღალი მგრძნობიარობით და ძალზე ფართო, წრფივი, დინამიური დიაპაზონით (6-7 რიგი) არის განპირობებული რაც, თავის მხრივ, უმნიშვნელოვანესია რაოდენობრივი ანალიზისთვის.

გაზურ ქრომატოგრაფიაში სხვა დეტექტორებიც გამოიყენება:

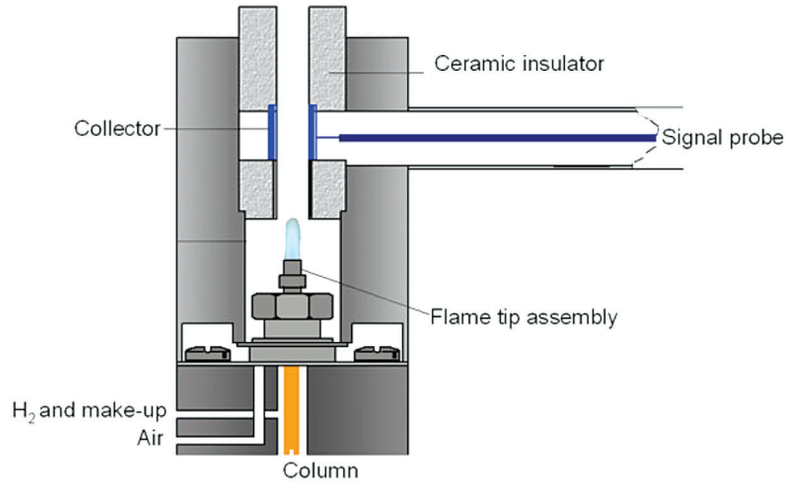
- დეტექტორი თბოგამტარობის მიხედვით (TCD) (იხ. სურათი);
- ელექტრონ-ჩამჭერი დეტექტორი (ECD) (იხ. სურათი);
- მას-სპექტრომეტრული.

კონკრეტული ამოცანიდან გამომდინარე, შესაძლებელია სხვა ტიპის დეტექტორის (ალურ-ფოტომეტრული, ფოტოიონიზაციური, ფურიე-ინფრაწითელი და სხვ.) გამოყენებაც, თუმცა, ყველა ხშირად ზემოთჩამოთვლილი გამოიყენება.

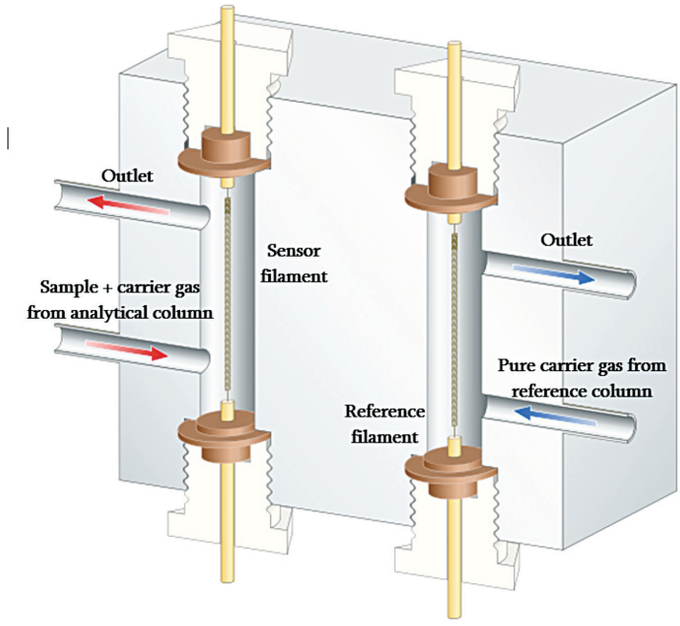
დეტექტორი თბოგამტარობის მიხედვით აზოტ- და ფოსფორშემცველი ნაერთებისთვის გამოიყენება, რადგან ალურ-იონიზაციურ დეტექტორთან შედარებით ამ შემთხვევაში მისი მგრძნობიარობა 2-3 რიგით უფრო მაღალია.

ელექტრონ-ჩამჭერი დეტექტორი მაღალსელექტიური დეტექტორია და ძალზე მგრძნობიარეა ჰალოგენ-, გოგირდ- და ფოსფორშემცველი ნაერთების მიმართ. ასეთებს მიეკუთვნება ქლორშემცველი და სხვა პესტიციდები.

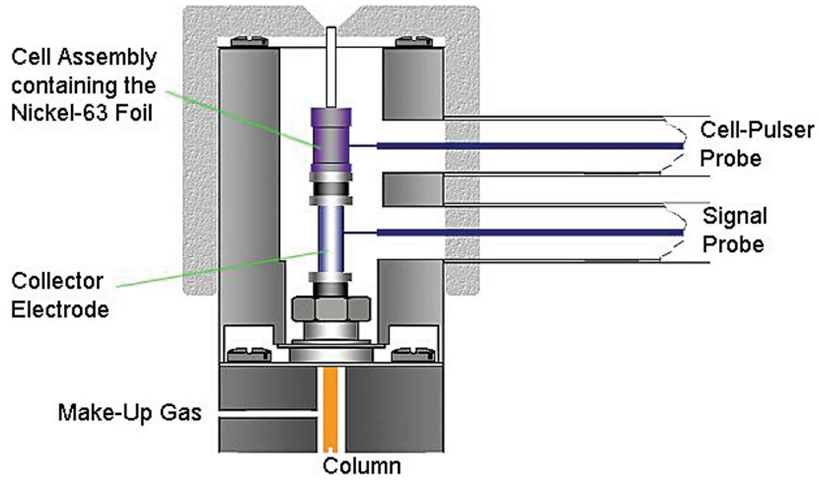
სურათზე ქრომატოგრამის სახით ნაჩვენებია ქლორორგანული პესტიციდების ქრომატოგრაფიული ანალიზის შედეგები.



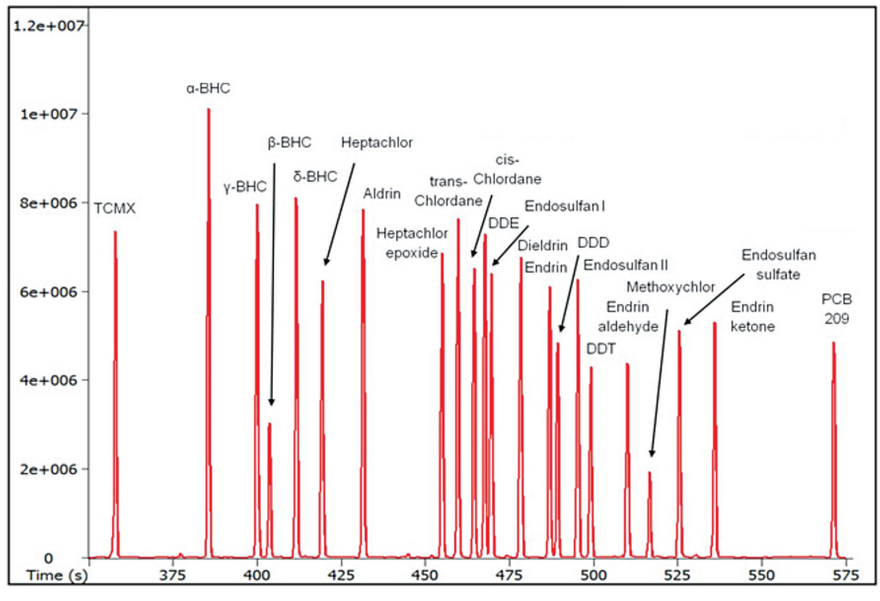

ალურ-იონიზაციური დეტექტორი (FID)




დეტექტორი თბოგამტარობის მიხედვით (TCD)




ელექტრონ-ჩამჭერი დეტექტორი (ECD)




ქრომატოგრამა

**მეთოდიკა**

მეთოდიკის აღწერაში აუცილებლად უნდა იყოს მითითებული:

- დეტექტორის ტიპი
- სვეტის ტიპი
- სვეტის ზომა
- უძრავი ფაზის მასალა
- ნიმუშის შეყვანის მეთოდი და მისი პარამეტრები
- ამაორთქლებლის ტემპერატურა
- სვეტის ტემპერატურა
- დეტექტორის დემპერატურა
- აირ-მატარებელი
- აირ-მატარებლის ხარჯი.

**ქრომატოგრაფიული მეთოდების შერჩევა და გააქტიურება, ქრომატოგრაფიული ანალიზის ჩატარების თანმიმდევრობა**

- ნიმუშის მომზადება
- აირების მიწოდება (გაზური ქრომატოგრაფიის შემთხვევაში)
- ქრომატოგრაფის ჩართვა
- კომპიუტერის ჩართვა
- ხელსაწყოს ყველა ბლოკის ჩართვა
- შემადგენელი ბლოკების სამუშაო რეჟიმზე გასვლა
- ხელსაწყოს მართვის პროგრამის გამოძახება
- მეთოდების კალათაში შესვლა
- კალათიდან შესაბამისი მეთოდის შერჩევა და გააქტიურება
- ნიმუშის განთავსება ხელსაწყოს ნიმუშის შეყვანის ბლოკში
- სინჯის ჩაწვეთება ქრომატოგრაფიულ სინჯარაში
- მოხუფვა
- ავტოსამპლერის შესაბამის პოზიციაში განთავსება
- ნიმუშის შესახებ ინფორმაციის შეყვანა
- მეთოდის გაშვება
- მონაცემების მიღება (მონიტორზე გამოჩნდება ანალიზის მიმდინარეობა და ქრომატოგრამა საძიებელი პიკებით)
- მონაცემების დამუშავება
- შედეგების ინტერპრეტაცია.

## პრაქტიკული დავალება:

1. სპექტროსკოპული ანალიზის ჩატარება
2. პოტენციომეტრული ანალიზის ჩატარება
3. ქრომატოგრაფიული ანალიზების ჩატარება

## კითხვები:

ჩამოთვალეთ ინსტრუმენტული ანალიზის სახეები

აღწერეთ სპექტროფოტომეტრიაში საკვლევი პარამეტრის განსაზღვრის მიზნით ტალღის სიგრძის, ოპტიკური მაჩვენებლის შერჩევა/ოპტიმიზაციის წესები

აღწერეთ სპექტროფოტომეტრული მოწყობილობის დაკალიბრების და მისი სიზუსტის კონტროლის წესი

აღწერეთ ატომურ-აბსორბციულ სპექტრომეტრში საკვლევი პარამეტრის განსაზღვრის მიზნით ტალღის სიგრძის, ოპტიკური მაჩვენებლის შერჩევა/ოპტიმიზაციის წესები

მიმოიხილეთ თანამედროვე ატომურ-აბსორბციულ სპექტრომეტრების პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი

აღწერეთ ატომურ-აბსორბციულ სპექტრომეტრების დაკალიბრების ზოგადი წესები (სერტიფიცირებული შესადარებელი მასალები–CRM–ები)

აღწერეთ აირ-ბალონებთან და/ან კომპრესორებთან მუშაობის წესები

აღწერეთ ბეტა-გამა სპექტრომეტრის  დანიშნულება და მუშაობის პრინციპი

აღწერეთ პოტენციომეტრული მოწყობილობის დაკალიბრების და მისი სიზუსტის კონტროლის წესი

აღწერეთ პოტენციომეტრული ანალიზის შედეგების შეფასების წესი

განმარტეთ კონდუქტომეტრიის არსი, დანიშნულება და ამოცანები

კონდუქტომეტრული მოწყობილობის სიზუსტის კონტროლის წესი.

ჩამოთვალეთ ქრომატოგრაფიის სახეები და ქრომატოგრაფის აგებულება

აღწერეთ ქრომატოგრაფული ანალიზის ჩატარების თანმიმდევრობა

აღწერეთ ქრომატოგრაფიული მეთოდების შერჩევის და გააქტიურების წესი

ჩამოთვალეთ დეტექტორების და სვეტების სახეები

# თავი 8

# ანალიზის მოლეკულურ-ბიოლოგიური და იმუნოფერმენტული მეთოდები

თანამედროვე ეტაპზე ანალიზის მოლეკულურ-ბიოლოგიური და იმუნოფერმენტული მეთოდები წარმატებით გამოიყენება კვებისმიერი პათოგენების განსაზღვრის, სურსათის უვნებლობის მიზნებისა და საწარმოო კონტროლის განსახორციელებლად. აღნიშნული მეთოდები მაღალსპეციფიური, განსახორციელებლად მარტივი და სწრაფია. სახელმძღვანელოს წინამდებარე თავში განიხილება იმუნოფერმენტული და მოლეკულურ-ბიოლოგიური ანალიზის მეთოდების თეორიული საფუძვლები, ასევე თევზისა და ზღვის პროდუქტების ანალიზისთვის აღნიშნული მეთოდების გამოყენების კონკრეტული მაგალითები.

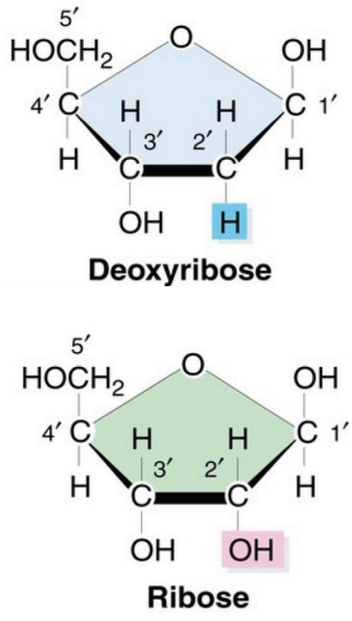
## მნიშვნელოვანი ბიომოლეკულები

უჯრედის, ქსოვილის, ორგანოს და ორგანოთა სისტემის, ორგანიზმის სტრუქტურისა და ფუნქციისთვის მნიშვნელოვანი და აუცილებელია ნახშირწყლები, ლიპიდები, ცილები, ამინომჟავები, ნუკლეინის მჟავები, სხვადასხვა ორგანული და არაორგანული ნივთიერება. თუმცა, უმნიშვნელოვანესი ბიომოლეკულები მაინც ნუკლეინის მჟავები და ცილებია.

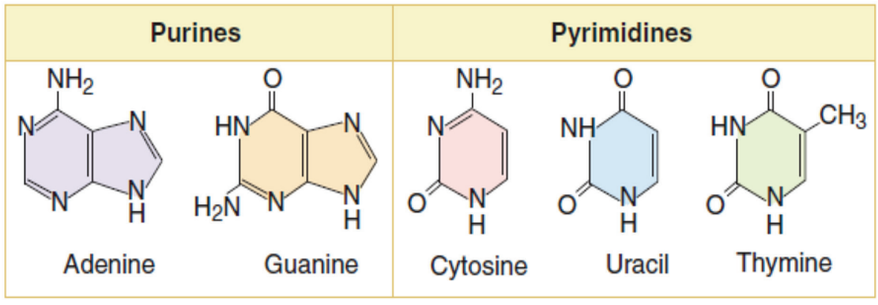
## ნუკლეინის მჟავები

ნუკლეინის მჟავები, დეოქსირიბონუკლეინის მჟავა (დნმ) და რიბონუკლეინის მჟავა (რნმ), ნუკლეოტიდების პოლიმერს წარმოადგენს. ნუკლეოტიდი სამი კომპონენტისგან შედგება: ხუთ-ნახშირბადიანი (პენტოზური) ნახშირწყალი, აზოტოვანი ფუძე და ფოსფატური ჯგუფი.

*ხუთ-ნახშირბადიანი ნახშირწყალი* - ნუკლეინის მჟავების შემადგენლობაში შეიძლება იყოს რიბოზა ან დეოქსირიბოზა. ამის საფუძველზე განასხვავებენ: ა) რიბონუკლეინის მჟავას (რნმ-ს) - შეიცავს რიბოზას, და ბ) დეოქსირიბონუკლეინის მჟავას (დნმ-ს) შეიცავს დეოქსირიბოზას.



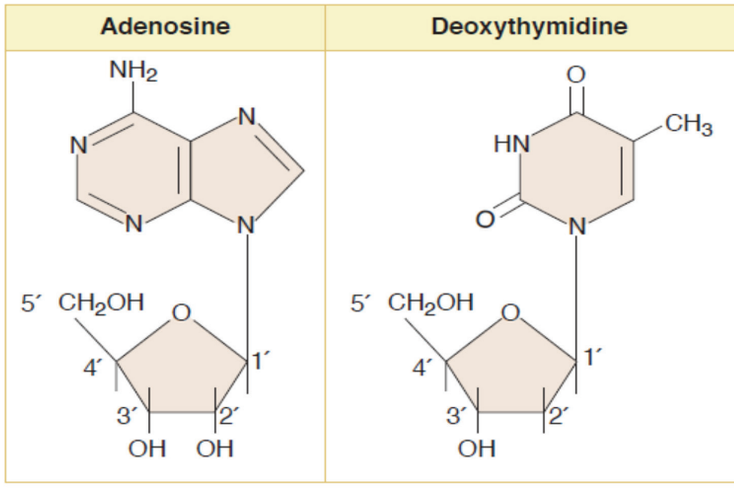

დეოქსირობოზა და რიბოზა




პურინები და პირიმიდინები

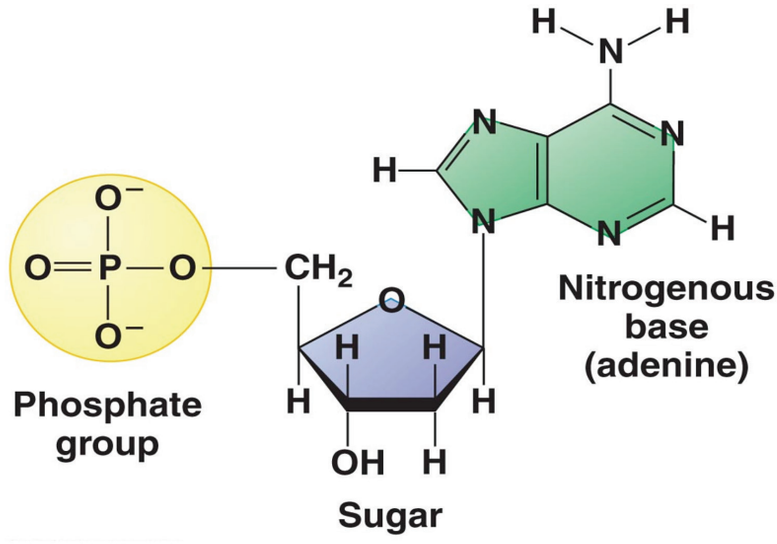
*აზოტოვანი ფუძე* - ნუკლეოტიდებში შესაძლოა იყოს პურინები და/ან პირიმიდინები. პურინები ჰეტეროციკლური ნაერთებია, რომელთაგან ნუკლეინის მჟავების შემადგენლობაში ვლინდება ადენინი და გუანინი. პირიმიდინების სტრუქტურა ექვსატომიანი მონოციკლია. დნმ-ში ვლინდება ციტოზინი და თიმინი, ხოლო რნმ-ში - ციტოზინი და ურაცილი.

*ნუკლეოზიდი* აზოტოვანი ფუძის ნახშირწყლის პირველ ნახშირბადთან კოვალენტური ბმით შეკავშირების შედეგად წარმოიქმნება.




ნუკლეოზიდი

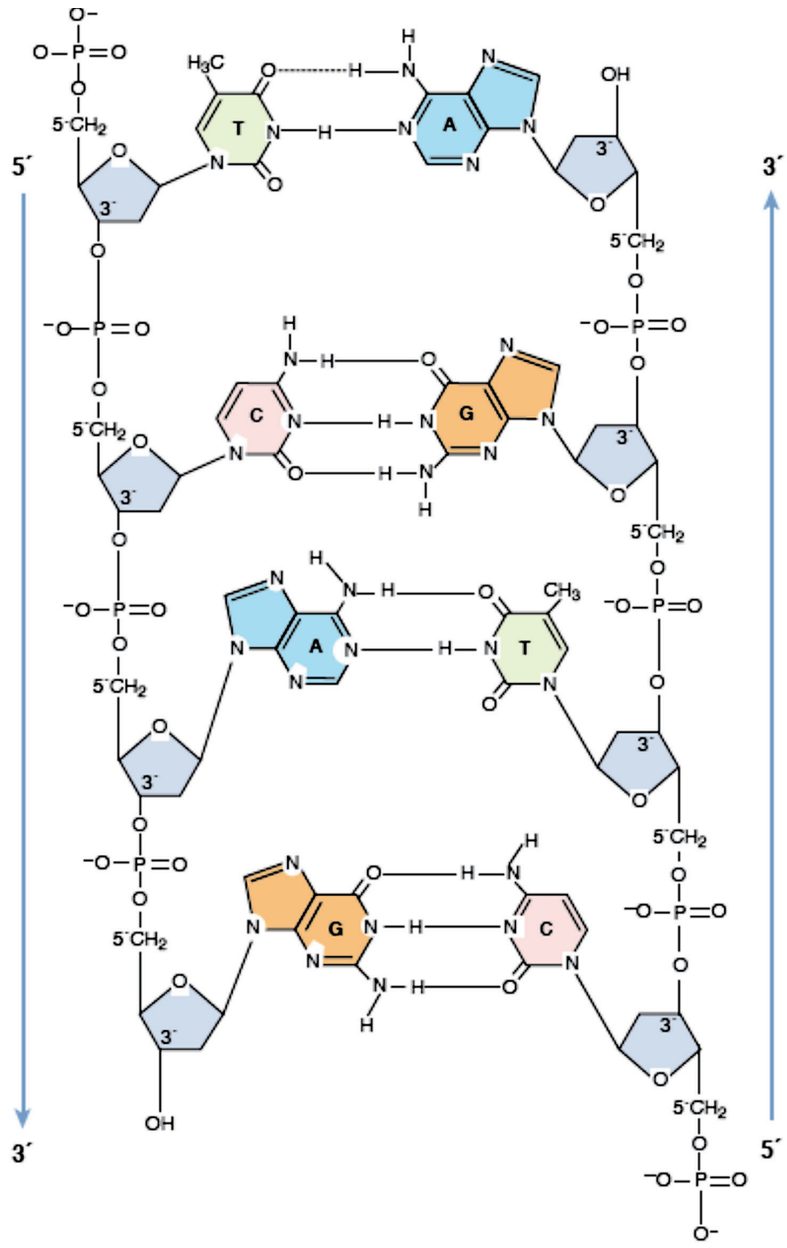
*ნუკლეოტიდი* ნუკლეოზიდის შემადგენლობაში შემავალი ნახშირწყლის მე-5 ნახშირბადთან ერთიანად რამდენიმე ფოსფატური ჯგუფის მიერთებით წარმოიქმნება. ორი და სამი ფოსფატური ჯგუფის მქონე ნუკლეოტიდები „მაღალენერგეტიკული" ორგანული ნივთიერებებია.




ნუკლეოტიდი

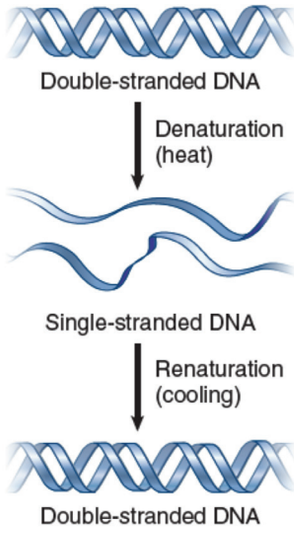
*დეოქსირიბონუკლეინის მჟავა (დნმ)* - ორჯაჭვიანი ნუკლეინის მჟავაა. დნმ-ისთვის დამახასიათებელია:

- ჯაჭვების ანტიპარალელურობა (საწინააღმდეგო მიმართულება);
- ჯაჭვების კომპლიმენტარულობა. ადენინი ყოველთვის შეწყვილებულია თიმინთან, ამ წყვილში აზოტოვან ფუძეებს შორის ორი წყალბადური ბმა ყალიბდება. გუანინი ყოველთვის ციტოზინთან არის შეწყვილებული, აქ სამი წყალბადური ბმა ყალიბდება. შესაბამისად, დნმ-ის ერთი ჯაჭვის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა, მეორე ჯაჭვის ნუკლეოტიდურ თანმიმდევრობას განსაზღვრავს და განაპირობებს.
- ორჯაჭვიან დნმ-ის მოლეკულაში ადენინის რაოდენობა ყოველთვის თიმინის რაოდენობის ტოლია, ხოლო გუანინის რაოდენობა - ციტოზინისა. აღნიშნული კანონზომიერება ჩარგაფის კანონის სახელწოდებით არის ცნობილი და დნმ-ის ჯაჭვების კომპლიმენტარობის პრინციპს ეფუძნება.




დნმ - დეოქსირიბონუკლეინის მჟავა, ორჯაჭვიანი ნუკლეინის მჟავა. ჰიდროფილური ნახშირწყალბად-ფოსფატური „ჩონჩხი" დნმ-ის ორმაგი ჯაჭვის ზედაპირულად არის განლაგებული. წყალბადური ბმებით შეკავშირებული აზოტოვანი ფუძეების წყვილები დნმ-ის მოლეკულის შიგნით არის განთავსებული.

*დნმ-ის დენატურაცია და რენატურაცია.* სხვადასხვა ზემოქმედების (გაცხელება, მჟავა pH, ქიმიური დამუშავება ფორმამიდით და/ან შარდოვანით) შედეგად, ორჯაჭვიანი დნმ-ის სპირალური მოლეკულის წყალბადური ბმები შეიძლება დაირღვეს. შედეგად, წარმოიქმნება ორი, ერთმანეთთან დაუკავშირებული დნმ-ის ჯაჭვი. ამ პროცესს დენატურაცია ეწოდება. ხსენებული ზემოქმედების შეწყვეტის და ნორმალური




დნმ-ის დენატურაცია და რენატურაცია

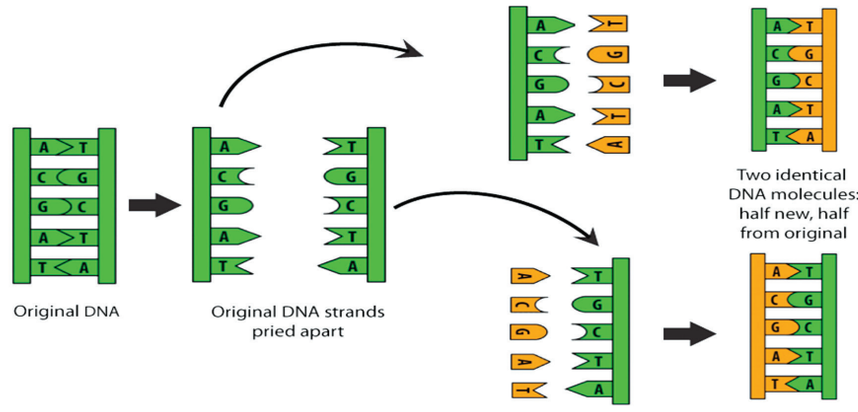
პირობების აღდგენის შემთხვევაში, დნმ-ის კომპლიმენტარულ ჯაჭვებს შორის წყალბადური ბმების აღდგენა - ხელახალი ჩამოყალიბება ხდება. ამ პროცესს რენატურაცია ეწოდება.

*რიბონუკლეინის მჟავა (რნმ)* ერთჯაჭვიანი ნუკლეინის მჟავაა.

რნმ-ის ძირითადი ტიპებია:

- რიბოსომული რნმ (რ-რნმ) - რიბოსომის სტრუქტურული კომპონენტი. რიბოსომულ ცილებთან ერთად აყალიბებს ფუნქციურ რიბოსომას
- ტრანსფერული რნმ (ტ-რნმ) - მის ფუნქციას ცილის სინთეზის პროცესში რიბოსომასთან ამინომჟავების ტრანსპორტირება წარმოადგენს
- მესენჯერული რნმ (მ-რნმ) - მისი ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა ცილის ამინომჟავურ თანმიმდევრობას განსაზღვრავს.

დნმ რეპლიკაცია - საწყისი ორჯაჭვიანი დნმ მოლეკულის იდენტური ორი შვილეული, ორჯაჭვიანი დნმ მოლეკულის სინთეზს გულისხმობს. ამ პროცესში საწყისი დნმ მოლეკულის ორივე ჯაჭვი ახალი, კომპლიმენტარული დნმ ჯაჭვების სინთეზისთვის შაბლონს წარმოადგენს.

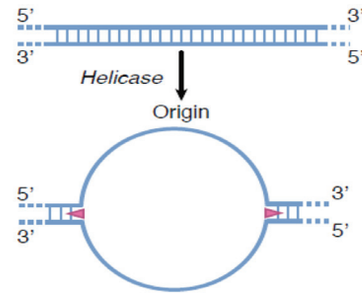



დნმ რეპლიკაცია (სქემა)

*დნმ რეპლიკაციის* მნიშვნელოვანი ეტაპებია:

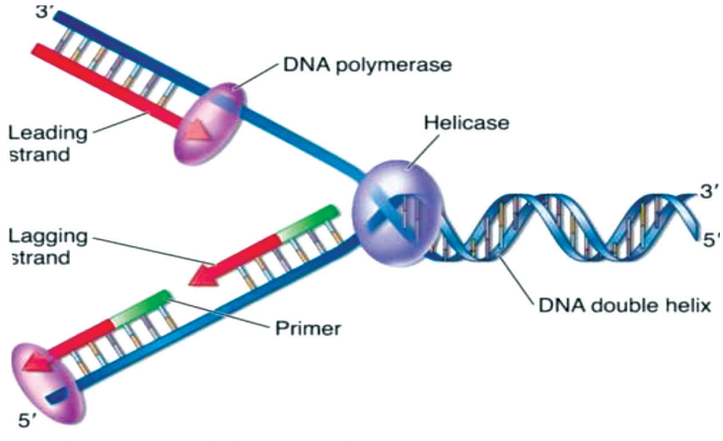
1. რეპლიკაციის ინიციაციის დნმ უბნის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობის ამოცნობა;
2. რეპლიკაციის ინიციაციის დნმ უბნის ნუკლეოტიდების კომ-

პლიმენტარულ წყვილებს შორის წყალბადური ბმების დარღვევა ფერმენტ ჰელიკაზას მიერ და რეპლიკაციური „ჩანგლის" ჩამოყალიბება. რეპლიკაციის ინიციაციის თითოეულ დნმ უბანზე ყოველთვის ორი რეპლიკაციური „ჩანგალი" ყალიბდება;



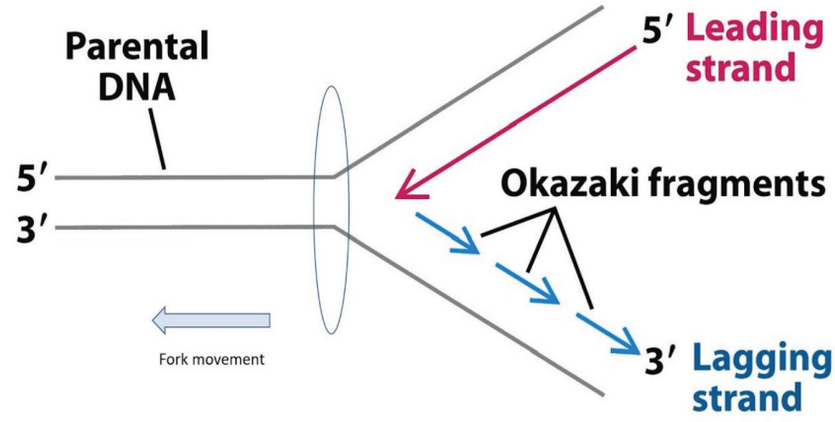
დნმ რეპლიკაციის ინიციაცია, ფერმენტ ჰელიკაზის აქტივობა

3. რეპლიკაციის ინიციაციის უბნებში ერთჯაჭვიან დნმ ფრაგმენტების ნახშირწყალბადოვან „ჩონჩხთან" ცილების შეკავშირება. რეპლიკაციური „ჩანგალი" და ეს ცილები დნმ-ის კომპლიმენტარულ ფრაგმენტებს შორის წყალბადური ბმების ხელახალი ჩამოყალიბების ხელშემშლელი ფაქტორია;
4. რეპლიკაციის ინიციაციის უბნებში ფერმენტ პრაიმაზის მოქმედების შედეგად 5'-3' მიმართულებით სინთეზდება მოკლე (10-მდე ნუკლეოტიდი) რნმ ე.წ. პრაიმერები. ისინი დნმ „შაბლონური" ჯაჭვის კომპლიმენტარულია. რნმ პრაიმერები დნმ პოლიმერაზის აქტივობისთვის აუცილებელი წინაპირობაა. აღნიშნულ ფერმენტს არ შეუძლია დნმ-ის სინთეზის ინიციაცია. დნმ პოლიმერაზა მხოლოდ გააგრძელებს არსებულ, საწყის ფრაგმენტს - პრაიმერს.
5. დნმ-ის სინთეზი 5'-3' მიმართულებით ხორციელდება დნმ პოლიმერაზის მოქმედების შედეგად. ახლად სინთეზირებული ჯაჭვი არსებულის კომპლიმენტარული და ანტიპარალელურია.
6. 3'-5' მიმართულების მქონე დნმ-ის საწყისი ჯაჭვის რეპლიკაცია ხორციელდება უწყვეტად. დნმ-ის ამ ჯაჭვს „წამყვანი", ძირითადი ეწოდება.



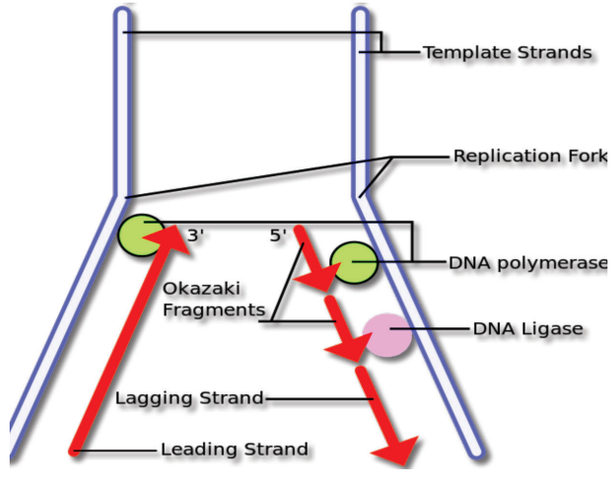
დნმ რეპლიკაცია, „წამყვანი", ძირითადი ჯაჭვი

7. 5’-3’ მიმართულების მქონე დნმ-ის საწყისი ჯაჭვის რეპლიკაცია 5’-3’ მიმართულებით მცირე ზომის (1000-მდე ნუკლეოტიდი) ფრაგმენტების - ე.წ. ოკაზაკის ფრაგმენტების სინთეზს გულისხმობს. 5’-3’ მიმართულების მქონე დნმ-ის ჯაჭვის რეპლიკაცია წყვეტილია.



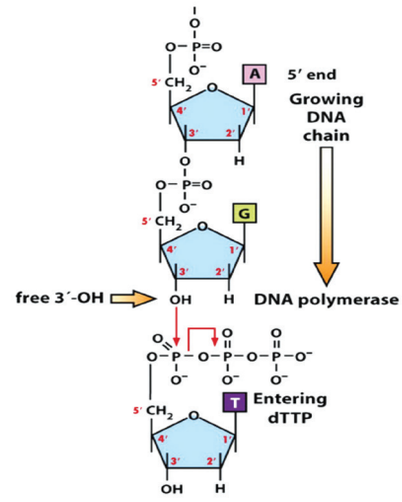

დნმ რეპლიკაცია, ოკაზაკის ფრაგმენტები

8. ოკაზაკის ფრაგმენტების ინიციაცია ასევე ფერმენტ პრაიმაზის აქტივობის შედეგად სინთეზირებული რნმ პრაიმერებით წარმოებს.
9. რეპლიკაციის დასასრულს ორივე, ახლად სინთეზირებულ დნმ ჯაჭვზე პრაიმერების რნმ ნუკლეოტიდების კომპლიმენტარული დეოქსირიბო-ნუკლეოტიდებით ჩანაცვლება.
10. ოკაზაკის ფრაგმენტების შეკავშირება ფერმენტ ლიგაზის აქტივობის შედეგს წარმოადგენს.




ოკაზაკის ფრაგმენტების შეკავშირება, ფერმენტ ლიგაზის აქტივობა

დნმ პოლიმერაზა დნმ რეპლიკაციის საკვანძო ფერმენტია. მის ფუნქციას დეოქსირიბონუკლეოტიდებს შორის ფოსფოდიესთერული ბმის ჩამოყალიბება წარმოადგენს.



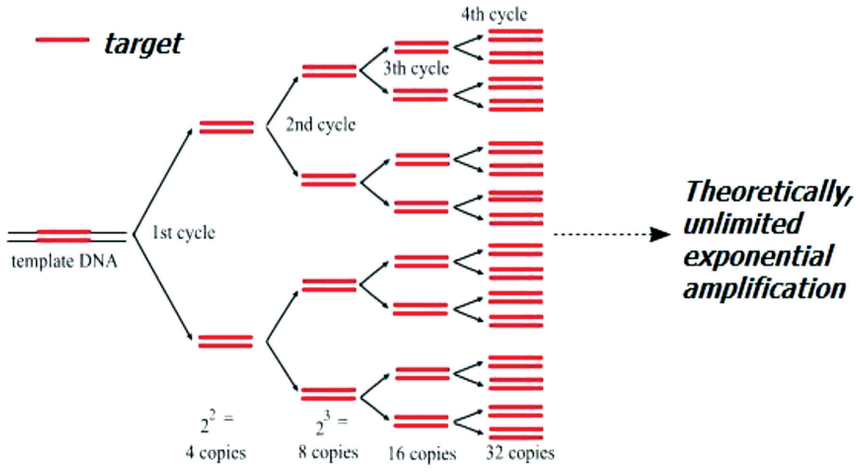

ფოსფოდიესთერული ბმის ჩამოყალიბება, ფერმენტ დნმ პოლიმერაზის აქტივობა

### რევერს ტრანსკრიპტაზა

გამონაკლის შემთხვევებში (მაგ. ვირუსული ინფექცია) ადგილი აქვს დნმ-ის სინთეზს რნმ-ის საფუძველზე. ამ შემთხვევაში შაბლონად რნმ მოლეკულა გამოიყენება. აღნიშნული პროცესი ფერმენტ რევერს(უკუ) ტრანსკრიპტაზას აქტივობის შედეგია.

## პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქცია (პჯრ) (PCR - Polymerase Chain Reaction)

პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის (პჯრ) მეთოდი მე-20 საუკუნის 80-იან წლებში კარი მულისის მიერ იყო შემუშავებული და განვითარებული. ეს არის მოლეკულური ბიოლოგიის უმნიშვნელოვანესი მეთოდი. პჯრ მეთოდი გულისხმობს ნუკლეინის მჟავის სამიზნე უბნის ამპლიფიკაციას (რაოდენობის გაზრდა) თვისობრივი და/ან რაოდენობრივი განსაზღვრის მიზნით.




პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქცია, ზოგადი პრინციპი

თერმოციკლერი

პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის მეთოდი რეპლიკაციას ეფუძნება. კერძოდ, ამპფლიკაცია ნუკლეინის მჟავის სამიზნე უბნის ჯერად, ციკლურ რეპლიკაციას გულისხმობს. ამ გზით მიიღწევა როგორც თვისობრივი, ასევე რაოდენობრივი იდენტიფიკაციისთვის საკმარისი ნუკლეინის მჟავის სამიზნე უბნის რაოდენობის დაგროვება.

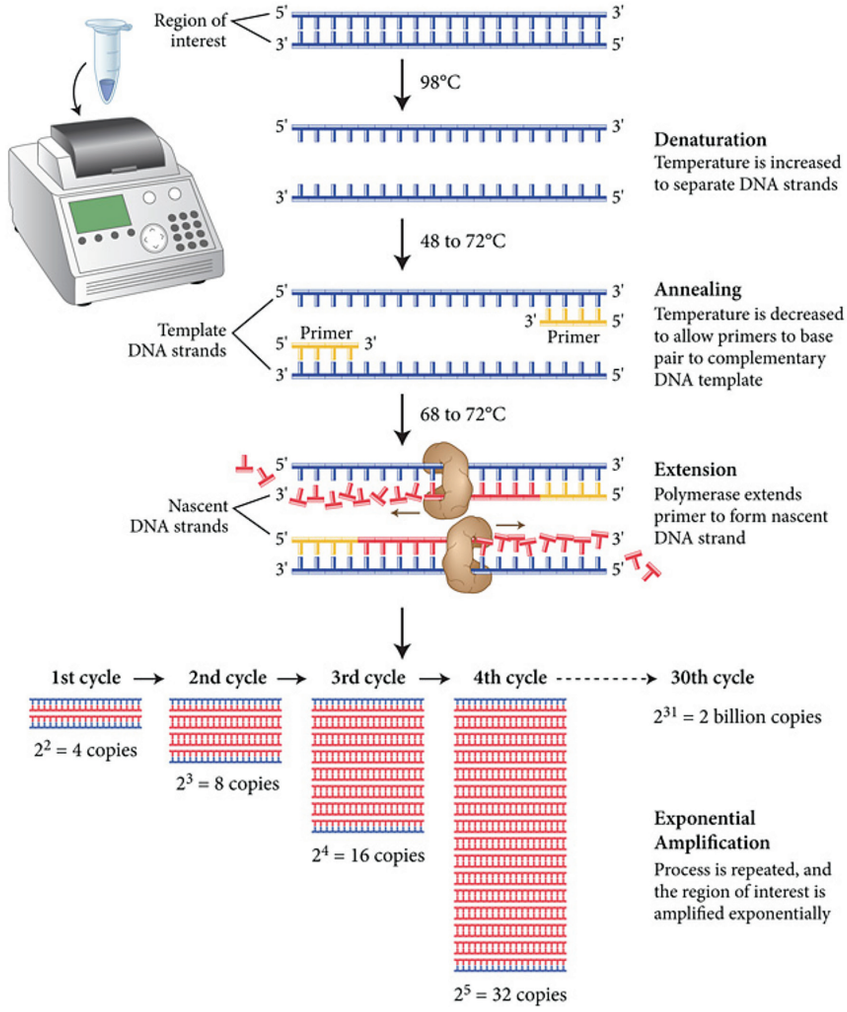
მეთოდის განხორციელებისთვის (ნუკლეინის მჟავის სამიზნე უბნის ამპლიფიკაციისთვის) საჭიროა სპეციალური მოწყობილობა - თერმოციკლერი.

პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქცია შემდეგ ეტაპებს მოიცავს:

- მასალიდან ნიმუშის (დნმ-ის) გამოყოფა - ექსტრაქცია
- სარეაქციო არის მომზადება
- სამიზნე დნმ ფრაგმენტის შემცველი ნიმუშის დამატება სარეაქციო არეში
- პრაიმერების დამატება სარეაქციო არეში
- თერმოსტაბილური (Taq) დნმ პოლიმერაზის, კოფაქტორების (მაგ. $MgCl_2$) და დეოქსირიბონუკლეოტიდების დამატება სარეაქციო არეში დნმ-ის სინთეზისთვის
- ნიმუშზე ტემპერატურული ზემოქმედება (94 გრადუსი) - ორჯაჭვიანი დნმ-ის ერთჯაჭვიანად გადაქცევა (დენატურაცია)
- სარეაქციო არის გაცივება (45-55 გრადუსი), პრაიმერების კომპლიმენტარული შეკავშირება დნმ სამიზნე უბანთან
- დნმ პოლიმერაზის აქტივობა და პრაიმერების ელონგაცია (72 გრადუსი), ახალი კომპლიმენტარული ჯაჭვების სინთეზი.

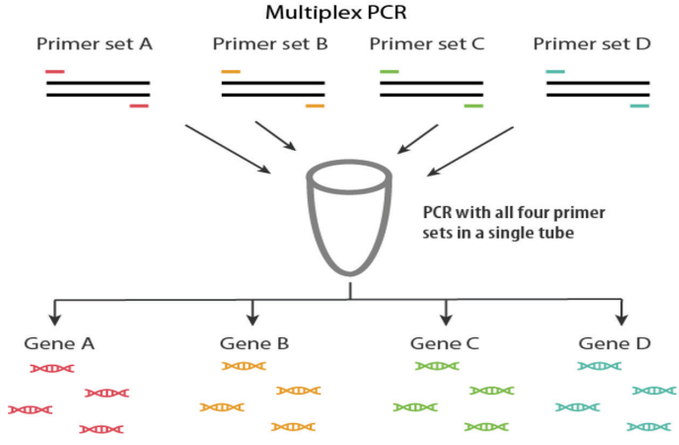
აღნიშნული ციკლი რამდენჯერმე მეორდება (საშუალოდ 20-ჯერ) რათა მიღებული იყოს დნმ-ის სამიზნე უბნის ასლების დიდი რაოდენობა.

პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის მეთოდის ძირითადი ვარიანტებია:

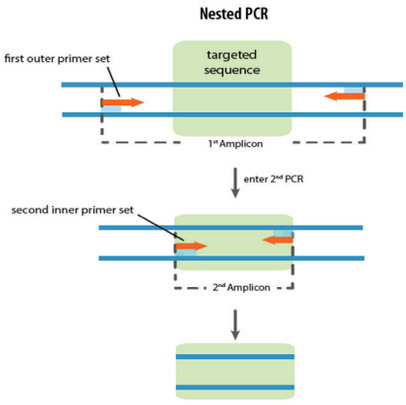



პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქცია (სქემატურად)

ა) მულტიპლექსური პჯრ - ერთდროულად ამპლიფიცირდება დნმ-ის რამდენიმე სამიზნე უბანი. მეთოდი ეფექტურია ერთ ნიმუშში რამდენიმე პათოგენის ერთდროული იდენტიფიკაციისთვის.




მულტიპლექსური პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქცია (სქემატურად)



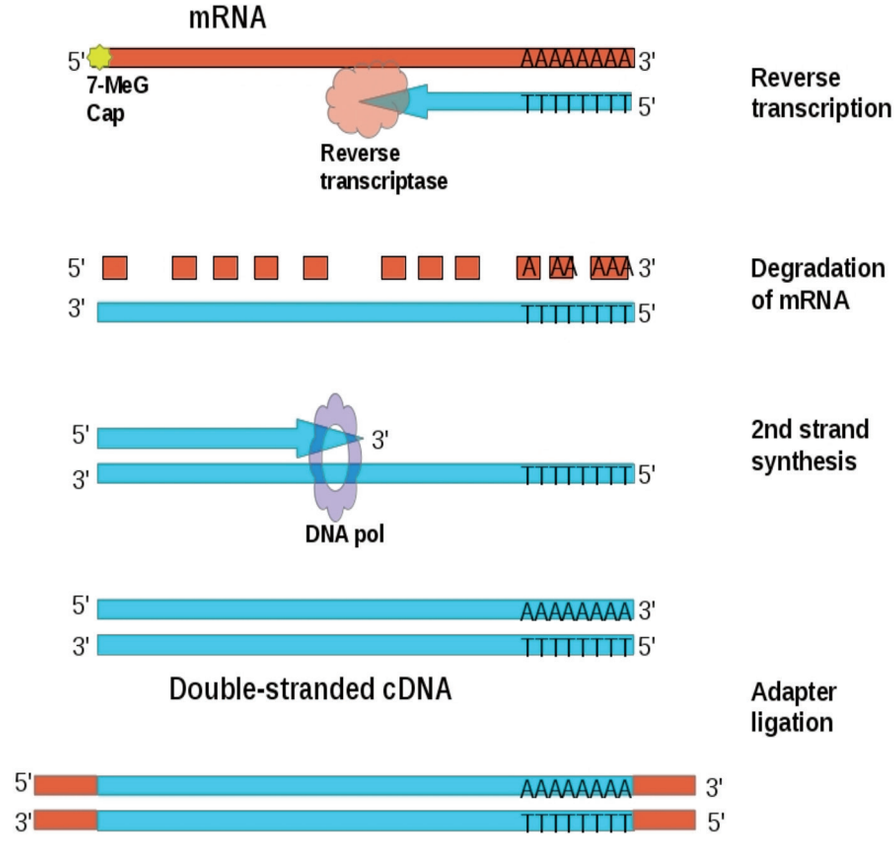

„ჩადგმული" პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქცია, პრაიმერების სხვადასხვა წყვილების გამოყენება (სქემატურად)

ბ) „ჩადგმული" პჯრ - მეთოდი მაღალსპეციფიურია, რაც პრაიმერების ორი სხვადასხვა წყვილის გამოყენებით მიიღწევა. პრაიმერების პირველი წყვილი ამპლიფიკაციის პირველ ციკლში გამოიყენება. პრაიმერების მეორე წყვილი კი პირველი პჯრ რეაქციის პროდუქტის შიდა უბნისადმია სპეციფიური და ამპლიფიკაციის მეორე ციკლში გამოიყენება.

გ) პჯრ უკუტრანსკრიპტაზის გამოყენებით - სინთეზირდება და ამპლიფიცირდება რნმ-ის კომპლიმენტარული დნმ.

დ) ნახევრადრაოდენობრივი პჯრ - ნიმუშში განისაზღვრება ნუკლეინის მჟავების შედარებითი რაოდენობა.

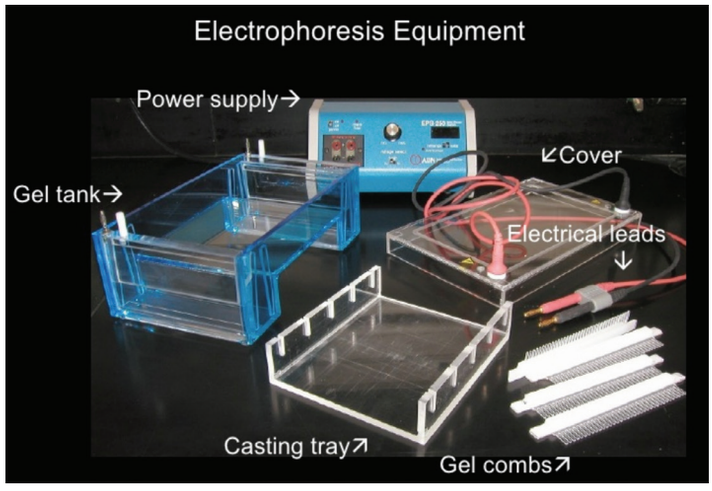
ე) რეალური დროის პჯრ - პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის შედეგად მიღებული ნუკლეინის მჟავების ასლების აბსოლუტური ან ფარდობითი რაოდენობები უშუალოდ რეაქციის მსვლელობისას განისაზღვრება.




პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქცია უკუტრანსკრიპტაზის გამოყენებით (სქემატურად)

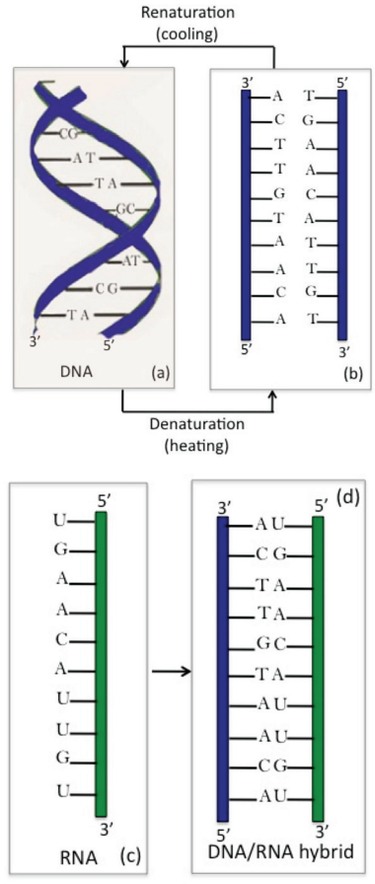
## პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის პროდუქტების გელ ელექტროფორეზი

გელ-ელექტროფორეზის გამოყენებით შესაძლებელია პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის პროდუქტების დაყოფა და ვიზუალიზაცია. ნუკლეინის მჟავების შემთხვევაში გამოიყენება „ჰორიზონტალური" გელ-ელექტროფორეზი (იხ. სურ). მეთოდის პრინციპს ელექტრული ძალის ზემოქმედებით აგაროზის გელში ნუკლეინის მჟავების ფრაგმენტების დაყოფა წარმოადგენს. ნუკლეინის მჟავა უარყოფითად არის დამუხტული, შესაბამისად, გელ-ელექტროფორეზში მჟავის ფრაგმენტები კათოდიდან (უარყოფითად დამუხტული ელექტროდი) ანოდისკენ (დადებითად დამუხტული ელექტროდი) მოძრაობს. მცირე ზომის ნუკლეინის მჟავის ფრაგმენტები დიდი ზომის ფრაგმენტებთან შედარებით უფრო სწრაფად მოძრაობს. ნუკლეინის მჟავების ფრაგმენტების ვიზუალიზაციისთვის გამოიყენება საღებავი - ეთიდიუმის ბრომიდი.




ჰორიზონტალური გელ ელექტროფორეზი - მოწყობილობები

დნმ ფრაგმენტების ვიზუალიზაცია გელ-ელექტროფორეზით, საღებავი - ეთიდიუმ ბრომიდი




ჰიბრიდიზაციის პრინციპი

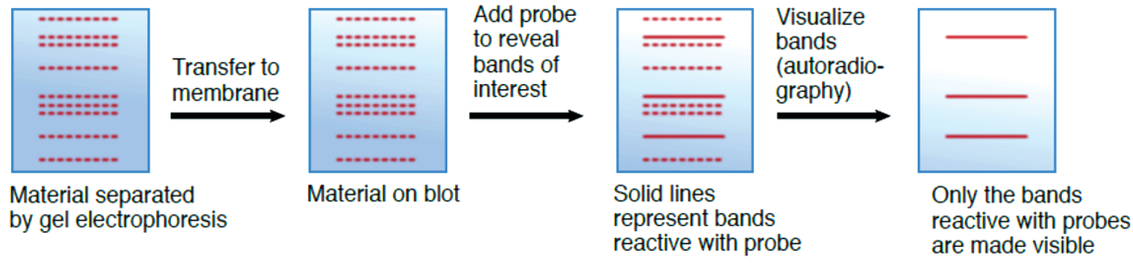
## ჰიბრიდიზაცია და ბლოტინგი

ჰიბრიდიზაცია - მეთოდი ეფუძნება ნუკლეინის მჟავების თავისებურებას და უნარს წარმოქმნას კომპლიმენტარულ ფრაგმენტებს შორის ორჯაჭვიანი სტრუქტურა წყალბადური ბმების ჩამოყალიბების გზით. ჰიბრიდიზაციას შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს ორ, ერთჯაჭვიან დნმ-ის ფრაგმენტს შორის, ან დნმ-ის ერთჯაჭვიან ფრაგმენტსა და რნმ-ს შორის.

**ბლოტინგი** - მეთოდი მიზნად ისახავს ნუკლეინის მჟავების და მათი ფრაგმენტების, ცილების დაყოფას და დეტექციას.

ბლოტინგი რამდენიმე ეტაპად ხორციელდება:

1. ნიმუშში არსებული ნუკლეინის მჟავების და/ან ცილების დაყოფა გელ-ელექტროფორეზის მეთოდის გამოყენებით
2. დაყოფილ ნივთიერებათა და/ან მათი ფრაგმენტების გადატანა მემბრანაზე და ფიქსაცია
3. მემბრანაზე ფიქსირებული ნივთიერებების და/ან მათი ფრაგმენტების ვიზუალიზაცია მონიშნული ზონდების / მოლეკულების გამოყენებით.




ბლოტინგი (სქემატურად)

დნმ-ის და მისი ფრაგმენტებისთვის გამოიყენება საუზერნ-ბლოტი, რნმ-ისთვის - ნოზერნ-ბლოტი, ხოლო ცილებისთვის - ვესტერნ-ბლოტი. ნუკლეინის მჟავების შემთხვევაში გამოიყენება ჰორიზონტალური გელ-ელექტროფორეზი, ხოლო ცილებისთვის - ვერტიკალური.

**თევზსა და თევზის პროდუქტებში ლისტერიის გამოვლენა პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის მეთოდით**

**ექსტრაქცია** - აღნიშნული ეტაპი მიზნად ისახავს დნმ-ის გამოყოფას ნიმუშიდან და გულისხმობს:

ა) საბაზო მასალის მომზადებას;

ბ) ლიზისს 99 გრადუსზე;

გ) შეკავშირებისთვის ოპტიმალური პირობების შექმნას;

დ) ნუკლეინის მჟავების შეკავშირებას სპინ ფილტრზე;

ე) შეკავშირებული ნუკლეინის მჟავების გაწმენდას;

ვ) სპინ-ფილტრის გაშრობას;

ზ) სპინ-ფილტრიდან ნუკლეინის მჟავების ელუირებას.

ექსტრაქცია სპეციალური ნაკრების გამოყენებით ხორციელდება, რომელიც შეიცავს აუცილებელ და სპეციფიურ რეაგენტებს. ექსტრაქციისთვის აუცილებელია შემდეგი მოწყობილობები და მასალები:

ა) ჰომოგენიზატორი

ბ) ანალიზური სასწორი

გ) შპადელი

დ) ავტომატური პიპეტები

ე) ვორტექსი

ვ) თერმო ბლოკი (>99 გრადუსი)

ზ) მიკროცენტრიფუგა (>12000 rpm)

თ) ბიოლოგიური უსაფრთხოების კაბინეტი

ექსტრაქციის დაწყებამდე აუცილებელია ძირითადი რეაგენტის მომზადება. კერძოდ:

1. 42 მლ ეთანოლი ემატება გამრეცხ ბუფერს (Code W)
2. 60 გრადუსამდე თბება ელუაციის ბუფერის საჭირო რაოდენობა (Code E).

ექსტრაქციის პროტოკოლი შემდეგია:

1. ნიმუშის მომზადება:

ა) მოახდინეთ ნიმუშის ჰომოგენიზაცია და გადაიტანეთ ჰომოგენატის 1 მლ 1.5 მლ-იან სარეაქციო სინჯარაში. აუცილებელია სტერილობის უზრუნველყოფა და დაცვა;

ბ) დააცენტრიფუგეთ სარეაქციო სინჯარა 5 წთ-ის განმავლობაში 12000 rpm-ზე;

გ) მოაცილეთ სუპერნატანტი.

2. ლიზისი:

ა) დაუმატეთ სარეაქციო სინჯარას ლიზისის ბუფერის (Code L) 400 მკლ.;

ბ) ფრთხილად შეანჯღრიეთ;

გ) მოახდინეთ სარეაქციო სინჯარის ინკუბაცია 99 გრადუსზე 10 წთ-ის განმავლობაში განუწყვეტელი შენჯღრევის პირობებში.

3. შეკავშირებისთვის ოპტიმალური პირობების შექმნა:

ა) დააცენტრიფუგეთ ნიმუშის ლიზატი 1 წთ-ის განმავლობაში 12000 rpm-ზე;

ბ) გადაიტანეთ სუპერნატანტის 300 მკლ ახალ 1.5 მლ-იან სარეაქციო სინჯარაში.

4. ნუკლეინის მჟავების შეკავშირება სპინ ფილტრზე:

ა) დაუმატეთ შემაკავშირებელი ბუფერის (Code B) 200 მკლ ფილტრატს და შეანჯღრიეთ;

ბ) მოათავსეთ სპინ ფილტრი (Code S) ყვითელ 2.0 მიმღებ სინჯარაში (Code R);

გ) გადაიტანეთ ხსნარი უშუალოდ ფილტრზე და განახორციელეთ ინკუბაცია ოთახის ტემპერატურაზე 1 წთ-ის განმავლობაში;

დ) დააცენტრიფუგეთ 1 წთ-ის განმავლობაში 12000 rpm-ზე;

ე) გადაღვარეთ ფილტრატი და ისევ მოათავსეთ სპინ-ფილტრი ყვითელ მიმღებ სინჯარაში.

5. შეკავშირებული ნუკლეინის მჟავების გაწმენდა:

ა) დაუმატეთ 550 მკლ გამრეცხი ბუფერი (Code W) სპინ-ფილტრს და დააცენტრიფუგეთ 1 წთ-ის განმავლობაში 12000 rpm-ზე;

ბ) გადაღვარეთ ფილტრატი და ისევ მოათავსეთ სპინ-ფილტრი მიმღებ სინჯარაში; გ) გაიმერეთ ორივე პროცედურა.

6. სპინ-ფილტრის გაშრობა:

ა) მოაცილეთ ნარჩენი ეთანოლი ცენტრიფუგირებით 2 წთ-ის განმავლობაში 12000 rpm-ზე.

7. სპინ-ფილტრიდან ნუკლეინის მჟავების ელუირება:

ა) მოათავსეთ სპინ-ფილტრი გამჭვირვალე 1.5 მლ-იან მიმღებ სინჯარაში (Code T) და დაასხით უშუალოდ სპინ-ფილტრს წინასწარ გამთბარი მაელუირებელი ბუფერის (Code E) 100 მკლ.;

ბ) ოთახის ტემპერატურაზე განახორციელეთ ინკუბაცია 3 წთ-ის განმავლობაში, დააცენტრიფუგეთ 1 წთ-ის განმავლობაში 10000 rpm-ზე;

გ) ცენტრიფუგირების შემდეგ მოაცილეთ სპინ-ფილტრი;

დ) ელუირებული დნმ მომზადებულია პჯრ-ისთვის. დნმ შეიძლება შენახულ იქნას 24 სთ-ის განმავლობაში 4 გრადუსზე. დნმ-ის ხანგრძლივი შენახვა ხდება მინუს 20 გრადუსზე.

გამოყოფილი დნმ გამოიყენება პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის განსახორციელებლად ლისტერიის გამოვლენის მიზნით. ამისთვის გამოიყენება რეალური დროის პჯრ დიაგნოსტიკური ნაკრები, რომელიც რეაქციისთვის აუცილებელ და სპეციფიურ რეაქტივებს შეიცავს.

რეალური დროის პჯრ-თვის აუცილებელია შემდეგი მოწყობილობები და მასალები:

1. რეალური დროის პჯრ თერმოციკლერი;
2. სახარჯი მასალები;
3. პიპეტები და ფილტრიანი ბუნიკები;
4. ვორტექს-მიქსერი;
5. მიკროცენტრიფუგა.

**პროტოკოლი შემდეგია:**

1. მასტერ-მიქსის მომზადება: გადათვალეთ ჩასატარებელი რეაქციების რაოდენობა (ნიმუშები, უარყოფითი კონტროლი, დადებითი კონტროლი და ექსტრაქციის კონტროლი); მასტერ-მიქსი შეიცავს ამპლიფიკაციის შიდა კონტროლს თითოეული რეაქციისთვის. რეკომენდებულია 10%-ით მეტი მოცულობის მასტერ-მიქსის მომზადება, რათა თავიდან აიცილონ პიპეტირების დროს შესაძლო და მოსალოდნელი რეაგენტის დანაკარგი. გამოყინეთ რეაგენტები, დაავორტექსეთ და დააცენ-

| მასტერ-მიქსის კომპონენტები | ერთი რეაქციისთვის აუცილებელი მოცულობა | 10 რეაქციისთვის აუცილებელი მოცულობა (10%-ით მეტი) |
|---|---|---|
| რეაქციის მიქსი | 19.9 მკლ | 218.9 მკლ |
| Taq პოლიმერაზა | 0.1 მკლ | 1.1 მკლ |
| საერთო მოცულობა | 20 მკლ | 220 მკლ |

2. თერმოციკლერის დაპროგრამება: დიაგნოსტიკური ნაკრების პროტოკოლის შესაბამისად დააპროგრამეთ თერმოციკლერი. კერძოდ, შეიტანეთ ინფორმაცია საწყისი დენატურაციის და რეაქციისთვის აუცილებელი დენატურაციის, გაგრილების ხანგრძლივობის და ტემპერატურის, ციკლების რაოდენობის, დეტექციის შესახებ.

**მნიშვნელოვანია!** - *თერმოციკლერის დაპროგრამება წარმოებს კონკრეტული მოწყობილობის მომხმარებლის სახელმძღვანელოს და ასევე კონკრეტული დიაგნოსტიკური ნაკრების პროტოკოლის შესაბამისად.*

3. რეალური დროის პჯრ-მიქსის მომზადება: განათავსეთ მასტერ-მიქსის 20 მკლ შესაბამის სარეაქციო არეში („ფოსოში”). დაახურეთ თავსახური უარყოფითი კონტროლის სარეაქციო არეს („ფოსოს”), ის მხოლოდ მასტერ-მიქსს უნდა შეიცავდეს. მოახდინეთ ნიმუშების 5 მკლ-ის პიპეტირება შესაბამის სარეაქციო არეებში („ფოსოებში”). მოახდინეთ პოზიტიური კონტროლის 5 მკლ-ის პიპეტირება შესაბამის სარეაქციო არეში („ფოსოში’). დააცენტრიფუგეთ ყველა სარეაქციო არე („ფოსო”) დაბალ სიჩქარეზე. მოათავსეთ სარეაქციო არეები („ფოსოები”) თერმოციკლერში და ჩართეთ შესაბამისი პროგრამა.
4. შედეგების ინტერპრეტაცია: იხელმძღვანელეთ დიაგნოსტიკური ნაკრების პროტოკოლით. ზოგადად, ნიმუში დადებითია, თუკი აღინიშნება ნიმუშის დნმ-ის ამპლიფიკაცია. ნიმუში უარყოფითია, თუკი არ აღინიშნება ნიმუშის დნმ-ის ამპლიფიკაცია, ხოლო ნიმუშის ამპლიფიკაციის შიდა კონტროლი დადებითია.

**მნიშვნელოვანია!** - *პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის და ნუკლეინის მჟავების ექსტრაქციისთვის აუცილებელი მოწყობილობების ჩართვა, გამოყენება, სამუშაო რეჟიმზე გაყვანა, გამორთვა (გეგმური და ექსტრემალური) წარმოებს კონკრეტული მოწყობილობის მომხმარებლის სახელმძღვანელოს, ლაბორატორიის საოპერაციო პროტოკოლების და ლაბორატორიაში შრომის უსაფრთხოების ნორმების შესაბამისად.*

პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის შედეგები გადაიტანება ლაბორატორიულ ჟურნალში ლაბორატორიის საოპერაციო პროტოკოლების შესაბამისად.

### ცილები

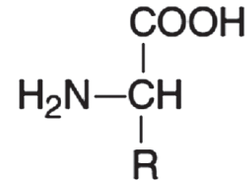
როგორც უკვე აღინიშნა, ცილები უჯრედული სტრუქტურის ჩამოყალიბების და ფუნქციონირებისთვის აუცილებელი ბიომოლეკულებია. მათ შორის განასხვავებენ:

- ანტისხეულებს: იმუნური პასუხის განვითარების და განხორციელებისთვის მნიშვნელოვანი ცილები.
- კონტრაქტილურ ცილებს: კუნთის შეკუმშვისთვის აუცილებელი ცილები (მაგ. აქტინი და მიოზინი).
- ფერმენტებს: ბიოქიმიური და მეტაბოლური რეაქციების განხორციელებისთვის აუცილებელი ცილები (მაგ. რევერს (უკუ) ტრანსკრიპტაზა, დნმ პროლიმერაზა).
- ჰორმონულ ცილებს: ორგანიზმის ზოგიერთი ფუნქციის მაკოორდინირებელი ცილები (მაგ. ინსულინი).
- სტრუქტურულ ცილებს: მნიშვნელოვანია უჯრედის, ქსოვილის, ორგანოს სტრუქ-

ტურის ჩამოყალიბებისთვის (მაგ. კერატინი)

- სამარაგო ცილებს: უზრუნველყოფს სხვადასხვა ნივთიერების (მაგ. ამინომჟავების, რკინის) დაგროვებას
- სატრანსპორტო ცილებს: გადააქვს სხვადასხვა ნივთიერება (მაგ. ჰემოგლობინი); ცილის სტრუქტურულ ერთეულს ამინომჟავები წარმოადგენს.

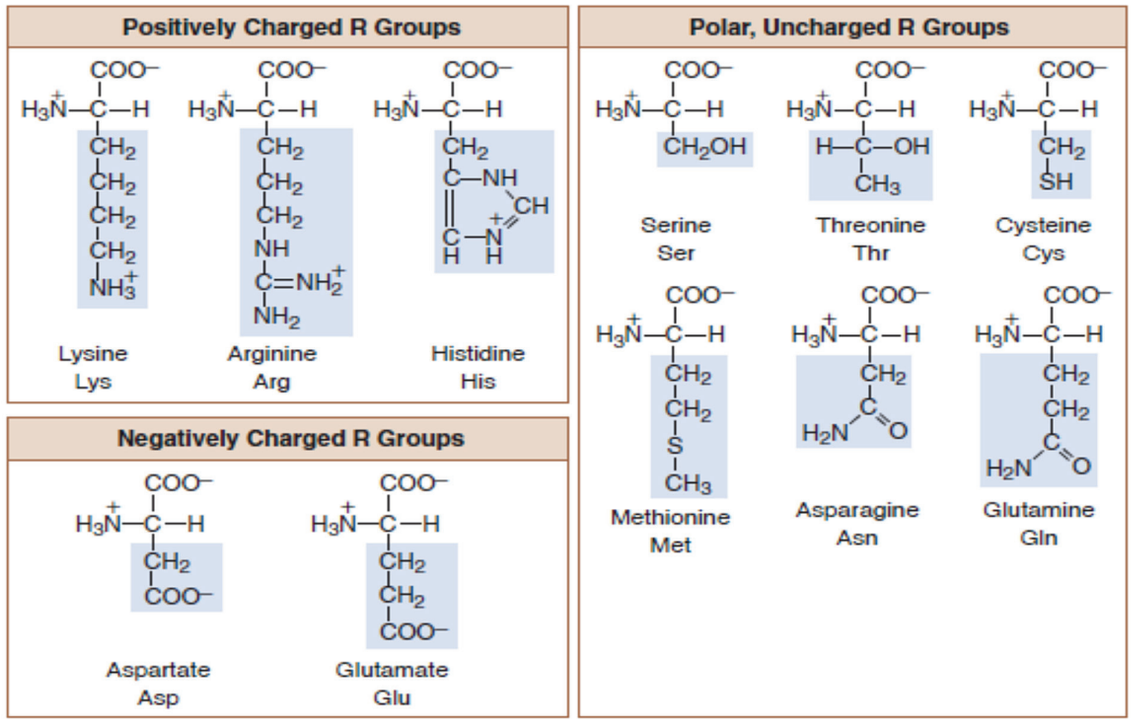
### ამინომჟავები



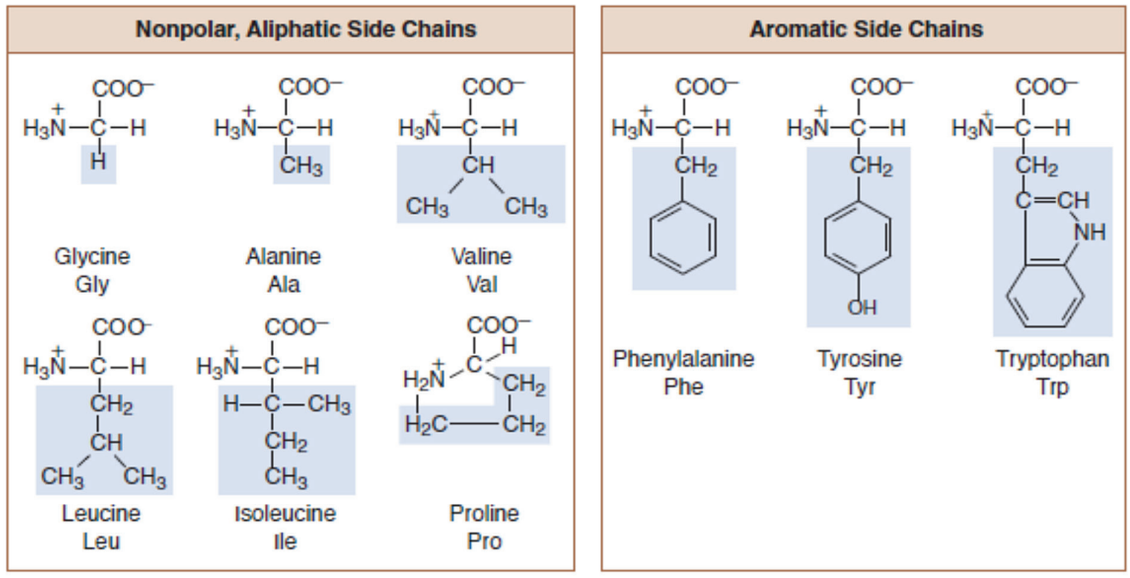
ამინომჟავის სტრუქტურა (განზოგადებული)

ყველა ამინომჟავას აქვს ცენტრალური ნახშირბადის ატომი, რომელიც დაკავშირებულია კარბოქსილის ჯგუფთან, ამინო ჯგუფთან და წყალბადის ატომთან. ამინომჟავები ერთმანეთისგან გვერდითი ჯაჭვით (R ჯგუფი) განსხვავდება. ბუნებაში რამდენიმე ასეული ამინომჟავა არსებობს, თუმცა ცილის სინთეზისთვის მხოლოდ 20 გამოიყენება.

წყალში ხსნადობის მიხედვით განასხვავებენ ჰიდროფილურ და ჰიდროფობურ ამინომჟავებს. ასევე შეიძლება განვასხვავოთ მჟავა და ფუძე თვისებების მქონე ამინომჟავები. მჟავა ამინომჟავების (ასპარტატი და გლუტამატი) კარბოქსილის ჯგუფი უარყოფითად არის დამუხტული, ხოლო ფუძე თვისებების მქონე ამინომჟავების (ლიზინი, არგინინი, ჰისტიდინი) აზოტის ატომები დადებითად არის დამუხტული.



ჰიდროფილური ამინომჟავები




ჰიდროფობური ამინომჟავები

როგორც ზემოთ უკვე აღინიშნა, ამინომჟავები ცილის სტრუქტურულ ერთეულს წარმოადგენს. ცილის სინთეზის პროცესში ამინომჟავები ერთმანეთს პეპტიდური ბმით უკავშირდება. აღნიშნული პროცესი გენეტიკური ინფორმაციის, ე.წ. „გენეტიკური კოდის" წაკითხვას გულისხმობს და დეტალურად ქვემოთ არის განხილული.

## გენეტიკური კოდი

ნუკლეინის მჟავების სტრუქტურული ერთეული 4 სხვადასხვა ნუკლეოტიდია, ხოლო ცილების სტრუქტურული ერთეული - 20 ამინომჟავაა. 4 ნუკლეოტიდის გამოყენებით უნდა მოხდეს 20 ამინომჟავის კოდირება და კონკრეტული ცილისთვის დამახასიათებელი და სპეციფიური ამინომჟავების თანმიმდევრობის „ჩაწერა" და შენახვა. გენეტიკური კოდი განსაზღვრავს კანონზომიერებას რომლის საშუალებითაც 4 ნუკლეოტიდი 20 ამინომჟავას აკოდირებს (იხილე სურ).

გენეტიკური კოდის თავისებურებებია:

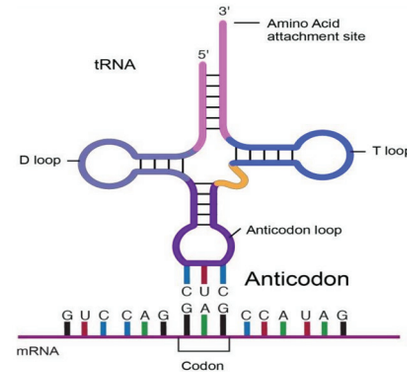
- გენეტიკური კოდის ერთეულს „კოდონი" წარმოადგენს.
- თითოეული კოდონი სამი ნუკლეოტიდისგან (ტრინუკლეოტიდი) შედგება.
- არსებობს 64 კოდონი, მათი წაკითხვა 5'-3' მიმართულებით ხდება.
- 61 კოდონი ამინომჟავებს აკოდირებს.
- 3 კოდონი (UAA, UGA, UAG) „სტოპ" კოდონია. მათ ფუნქციას ცილის სინთეზის ანუ ტრანსლაციის დასრულება წარმოადგენს.
- კოდონი AUG „სტარტ" კოდონია. მის ფუნქციას ტრანსლაციის ინიციაცია წარმოადგენს.
- „სტარტ" კოდონი ამინომჟავა მეთიონინს აკოდირებს. ამდენად, ცილის სინთეზი ყოველთვის მეთიონინით იწყება.

Second letter

| First letter | U | C | A | G | Third letter |
|---|---|---|---|---|---|
| U | UUU, UUC: Phe; UUA, UUG: Leu | UCU, UCC, UCA, UCG: Ser | UAU, UAC: Tyr; UAA: Stop; UAG: Stop | UGU, UGC: Cys; UGA: Stop; UGG: Trp | U C A G |
| C | CUU, CUC, CUA, CUG: Leu | CCU, CCC, CCA, CCG: Pro | CAU, CAC: His; CAA, CAG: Gln | CGU, CGC, CGA, CGG: Arg | U C A G |
| A | AUU, AUC, AUA: Ile; AUG: Met | ACU, ACC, ACA, ACG: Thr | AAU, AAC: Asn; AAA, AAG: Lys | AGU, AGC: Ser; AGA, AGG: Arg | U C A G |
| G | GUU, GUC, GUA, GUG: Val | GCU, GCC, GCA, GCG: Ala | GAU, GAC: Asp; GAA, GAG: Glu | GGU, GGC, GGA, GGG: Gly | U C A G |

გენეტიკური კოდი

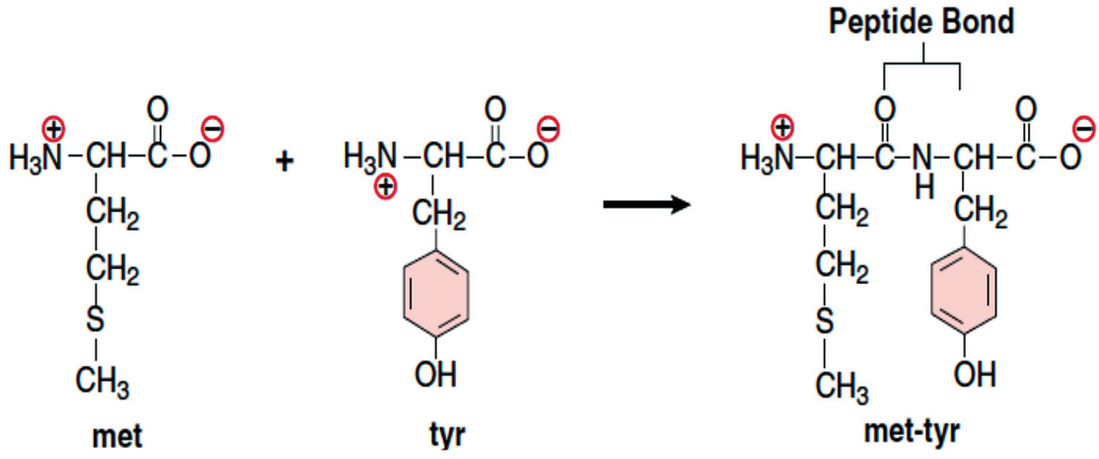
- ერთი კოდონი მხოლოდ ერთი ამონომჟავის კოდირებისთვის არის განკუთვნილი
- გენეტიკური კოდი დეგენერაციულია - ერთი ამინომჟავა რამდენიმე კოდონით შეიძლება იყოს კოდირებული. გამონაკლისს მეთიონინი და ტრიპტოფანი წარმოადგენს. ამ ამინომჟავებს მხოლოდ თითო-თითო კოდონი შეესაბამება
- გენეტიკური კოდი უნივერსალურია
- გენეტიკური კოდი უწყვეტია. კოდონებს შორის არ არის „სასვენი ნიშნები" და „გამოტოვებული ადგილები".
- კოდონების გადაფარვა არ ხდება.
- მ-რნმ-ის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა კოდონების ერთობლიობას წარმოადგენს.
- გენეტიკური კოდის რეალიზაციისთვის მნიშვნელოვანია მ-რნმ-ის და ტ-რნმ-ის აქტივობა. ამ პროცესს კოდონის (მ-რნმ) და ანტიკოდონის (ტ-რნმ) ურთიერთქმედება განაპირობებს
- კოდონი (მ-რნმ) ანტიკოდონის (ტ-რნმ) კომპლიმენტარულია და ანტიპარალელური.




კოდონის და ანტიკოდონის ურთიერთქმედება

## ტრანსლაცია (ცილის სინთეზი)

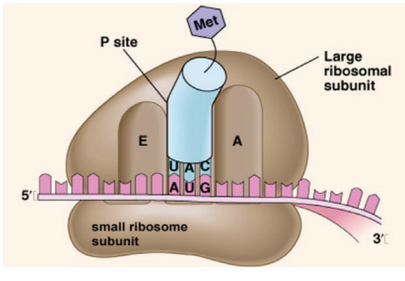
ტრანსლაცია - ცილის სინთეზი, გენეტიკური კოდის წაკითხვას, ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობის ამინომჟავურ თანმიმდევრობად „გადაწერას" გულისხმობს. ცილის სინთეზის პროცესში ამინომჟავებს შორის პეპტიდური ბმა ყალიბდება. თითოეული ცილისთვის ამინომჟავების თანმიმდევრობა გენეტიკურად არის განსაზღვრული და მ-რნმ-ში კოდონების თანმიმდევრობის სახით არის წარმოდგენილი. პეპტიდური ბმა ერთი ამინომჟავის კარბოქსილის ჯგუფსა და მეორის ამინოჯგუფს შორის ყალიბდება. ცილის სინთეზი N-ბოლოდან C-ბოლოს მიმართულებით ხორციელდება.




პეპტიდური ბმა

ცილის სინთეზი რიბოსომების მინაწილეობით ხორციელდება. ამ უჯრედულ ორგანელას ორი სუბერთეული (დიდი და მცირე) და სამი ცენტრი გააჩნია:

- P (პეპტიდილ) ცენტრი - პეპტიდური ბმის ჩამოყალიბების ადგილია.
- A (ამინოაცილ) ცენტრი - ყოველი ახალი, ამინომჟავის მქონე ტ-რნმ-ის მოლეკულის განთავსების ადგილია.
- E ცენტრი - „ცარიელი" ტ-რნმ-ის გამოთავისუფლების ადგილია.

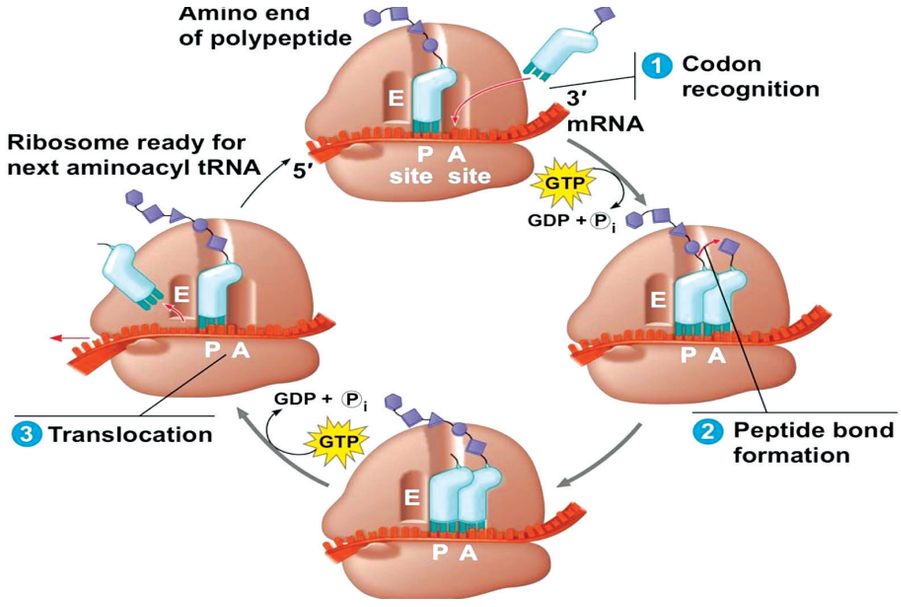



რიბოსომა

მნიშვნელოვანია, რომ რიბოსომის თითოეულ ცენტრში მხოლოდ 3 ნუკლეოტიდი (ერთი კოდონი) შეიძლება განთავსდეს.

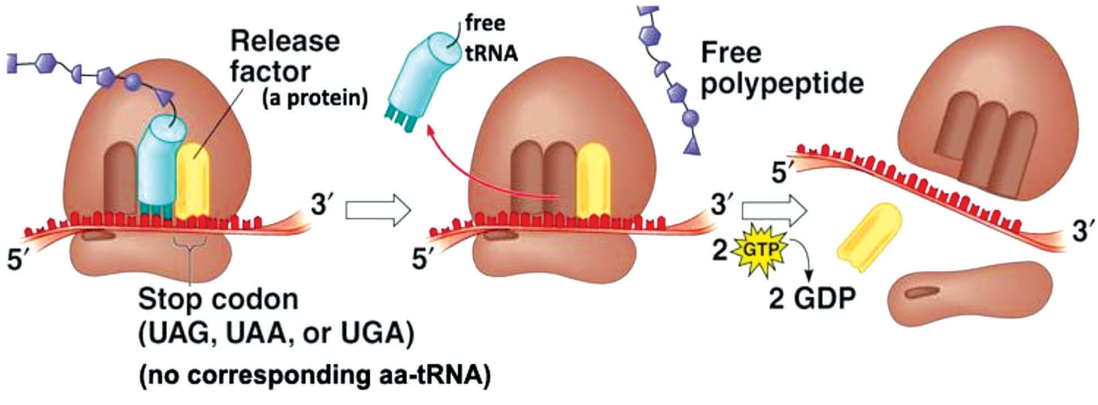
ცილის სინთეზი უჯრედის ციტოპლაზმაში მიმდინარე 3-ეტაპიანი პროცესია და გულისხმობს:

1. **ინიციაციას** - რიბოსომის მცირე სუბერთეული უკავშირდება მ-რნმ-ს და რიბოსომის დიდ სუბერთეულს, ყალიბდება ინიციაციური კომპლექსი. რიბოსომის P ცენტრში ხდება პირველი, ამინომჟავის მქონე ტ-რნმ-ის განთავსება. მნიშვნელოვანია, რომ ნებისმიერი ცილის პირველი ამინომჟავა ყოველთვის მეთიონინია.
2. **ელონგაციას** - რიბოსომა მ-რნმ-ის გასწვრივ 5’-დან 3’ მიმართულებით მოძრაობს და ცილას N-ბოლოდან C-ბოლოს მიმართულებით ასინთეზებს.

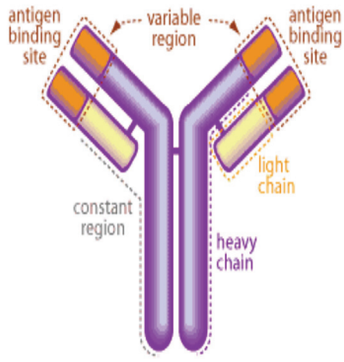



ელონგაცია

3. **ტერმინაციას** - რიბოსომის A ცენტრში „სტოპ” კოდონის განთავსება ორგანელის P ცენტრში არსებული ცილის ტ-რნმ-ისგან გამოთავისუფლებას განაპირობებს.




ტერმინაცია

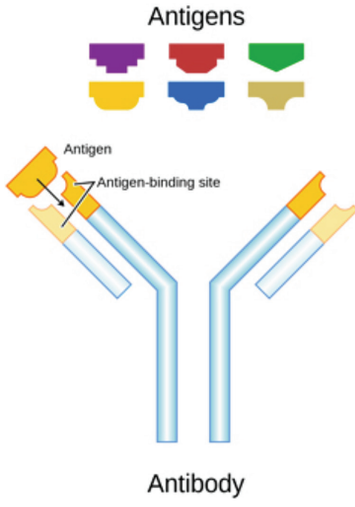



ანტისხეული

## ანტიგენ-ანტისხეულის ურთიერთქმედება

**ანტისხეული** - იმუნური პასუხის განვითარების და განხორციელებისთვის მნიშვნელოვანი ცილა. ანტისხეული შედგება 2 მძიმე და 2 მსუბუქი ჯაჭვისგან. თითოეულ ჯაჭვს აქვს ვარიაბელური და კონსტანტური უბნები. ანტიგენის შეკავშირება მძიმე და მსუბუქი ჯაჭვის ვარიაბელური უბნებით ხორციელდება.

**ანტიგენი** - ორგანიზმისთვის უცხო ნივთიერება, რომელიც ორგანიზმში მოხვედრისას იმუნური რეაქციის განვითარებას და სპეციფიური ანტისხეულების წარმოქმნას იწვევს.




ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსი (სქემატურად)

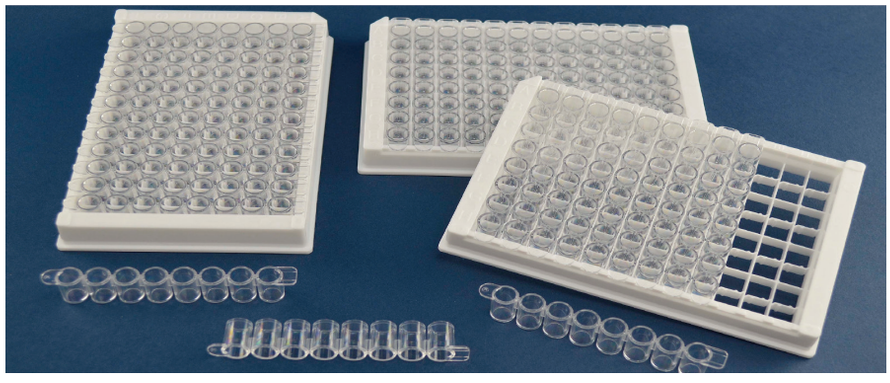
**ანტიგენ-ანტისხეულის ურთიერთქმედება / ანტიგენ-ანტისხეულის რეაქცია** - ქიმიური ურთიერთქმედება ანტიგენსა და ანტისხეულს შორის იმუნური პასუხის დროს, რომლის შედეგადაც ადგილი აქვს ანტიგენის გაუვნებლებას და ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსის ჩამოყალიბებას. თითოეულ ანტისხეულს მხოლოდ კონკრეტული ანტიგენის შეკავშირება შეუძლია; ანტისხეული სპეციფიურობით ხასიათდება. ანტიგენისა და ანტისხეულის შეკავშირება სუსტი და არაკოვალენტური ბმების (ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედებები, წყალბადური ბმები, ვან-დერ-ვაალსის ძალები, ჰიდროფობური ურთიერთქმედებები) ჩამოყალიბებას გულისხმობს.

ანტიგენ-ანტისხეულის რეაქცია რიჩარდ გოლდბერგის მიერ აღიწერა 1952 წელს. აღნიშნული რეაქცია ეფექტურად გამოიყენება დიაგნოსტიკური მიზნებით. კერძოდ, ანტიგენ-ანტისხეულის ურთიერთქმედება იმუნოფერმენტული ანალიზის მეთოდის საფუძველს წარმოადგენს.

## იმუნოფერმენტული ანალიზი (ELISA – Enzyme-linked Immunosorbent Assay)

იმუნოფერმენტული ანალიზი მყარ ფაზაზე (პლანშეტზე) ხორციელდება, რომელიც სარეაქციო არეების („ფოსოების”) ერთობლიობას წარმოადგენს. ანალიზი ნიმუშში ანტიგენ-

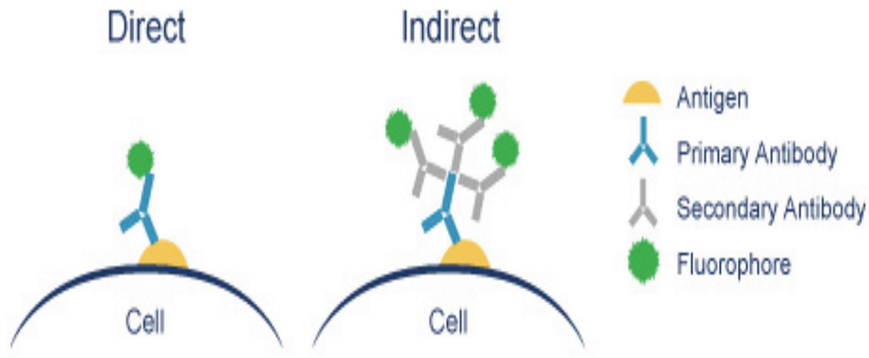
ანტისხეულის რეაქციის გამოყენებით სხვადასხვა სამიზნე ნივთიერების (მაგალითად, ცილის, პათოგენის, ჰორმონის, ანტიბიოტიკის მეტაბოლიტის და ა.შ.) დეტექციას გულისხმობს. იმუნოფერმენტული ანალიზის მსვლელობისას გამოიყენება მონიშნული ანტისხეული, რაც ანალიზის მსვლელობისას ჩამოყალიბებული ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსის ფერადი რეაქციით ვიზუალიზაციის შესაძლებლობას იძლევა. ფერადი რეაქციის ინტენსივობა სპეციალური მოწყობილობის - იმუნოფერმენტული ანალიზატორის („რიდერის") საშუალებით იზომება.



მყარი ფაზა (პლანშეტი) და სარეაქციო არეები („ფოსოები")

იმუნოფერმენტულ ანალიზში შეიძლება გამოიყენონ პირდაპირი ან არაპირდაპირი დეტექცია. პირდაპირი დეტექციის შემთხვევაში, სამიზნე ნივთიერების - ანტიგენისა და მონიშნული ანტისხეულის ურთიერთქმედების შედეგად ყალიბდება ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსი, რომელიც სარეაქციო არეში („ფოსოში") ფერად რეაქციას განაპირობებს. არაპირდაპირი დეტექციისას, სამიზნე ნივთიერება - ანტიგენი აყალიბებს ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსს სპეციფიურ, მაგრამ მოუნიშნავ პირველად ანტისხეულთან. ამ შემთხვევაში ფერად რეაქციას განაპირობებს მეორადი მონიშნული ანტისხეული, რომელიც ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსში მონაწილე პირველადი ანტისხეულის მიმართ არის სპეციფიური. იმუნოფერმენტული ანალიზის პირდაპირი და არაპირდაპირი დეტექციის პრინციპი სქემატურად ქვემოთ არის წარმოდგენილი.

იმუნოფერმენტული ანალიზატორი („რიდერი")




პირდაპირი და არაპირდაპირი დეტექცია

მრავალარხიანი ავტომატური პიპეტი

იმუნოფერმენტული ანალიზის მსვლელობისას აუცილებელია სარეაქციო არის („ფოსოს”) გარეცხვა. ამ გზით ხდება რეაქციაში არშესული, ზედმეტი ნივთიერებების მოცილება. გარეცხვის პროცედურა ანალიზის მსვლელობისას შესაძლოა რამდენჯერმე განმეორდეს. სარეაქციო არე („ფოსო”) შეიძლება გაირეცხოს ხელით, მრავალარხიანი ავტომატური პიპეტის და/ან სპეციალური მოწყობილობის - გამრეცხის („ვოშერის”) გამოყენებით.

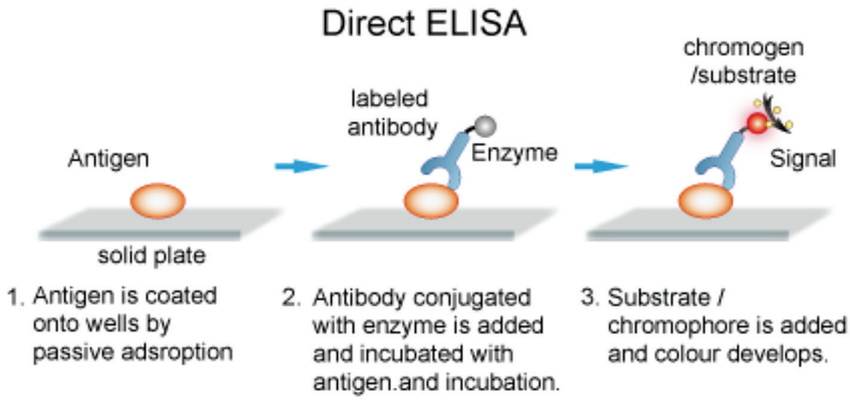
გამრეცხი („ვოშერი”)

იმუნოფერმენტული ანალიზით შესაძლებელია ნიმუშში სამიზნე ნივთიერების თვისობრივი (დავადგინოთ მისი არსებობა) ან რაოდენობრივი განსაზღვრა.

განასხვავებენ იმუნოფერმენტული ანალიზის შემდეგ ვარიანტებს:

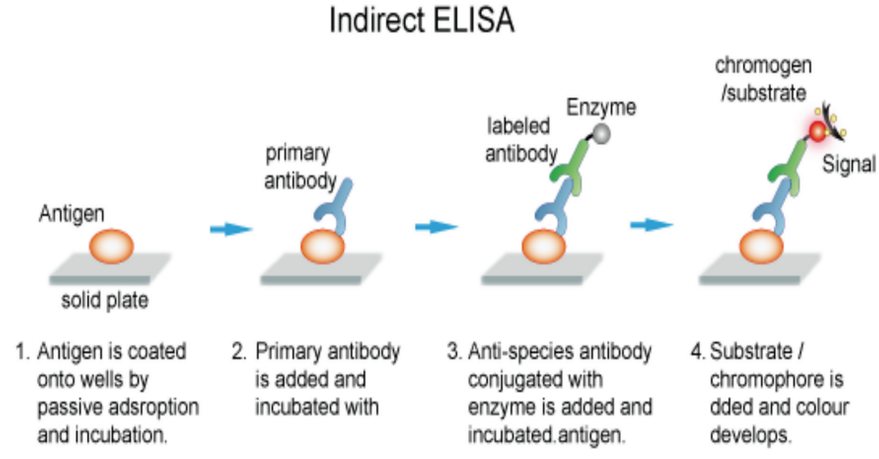
1. პირდაპირ იმუნოფერმენტულ ანალიზს;
2. არაპირდაპირ იმუნოფერმენტულ ანალიზს;
3. „სენდვიჩის” ტიპის იმუნოფერმენტულ ანალიზს;
4. კონკურენტულ იმუნოფერმენტულ ანალიზს.

**პირდაპირი იმუნოფერმენტული ანალიზი** - მეთოდი გულისხმობს მყარ ფაზაზე (პლანშეტზე) დატანილი ანტიგენის საწინააღმდეგო სპეციფიური ანტისხეულების გამოვლენას ნიმუშში. რეაქციის მსვლელობისას ხდება არა მხოლოდ ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსის ჩამოყალიბება, არამედ ანტისხეულის მონიშვნაც, რაც შემდგომ წარმოქმნილი კომპლექსის ვიზუალიზაციის შესაძლებლობას იძლევა. ამდენად, პირდაპირი იმუნოფერმენტული ანალიზი პირდაპირი დეტექციის პრინციპს ეფუძნება.

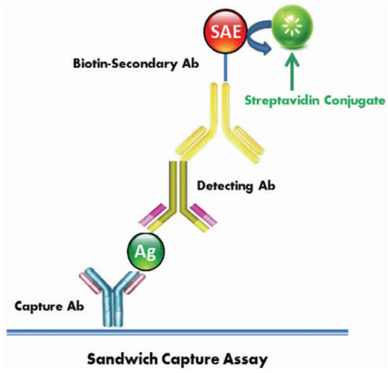



პირდაპირი იმუნოფერმენტული ანალიზი

**არაპირდაპირი იმუნოფერმენტული ანალიზი.** არაპირდაპირი იმუნოფერმენტული ანალიზის შემთხვევაში ვიზუალიზაციისთვის გამოიყენება ორი ტიპის ანტისხეული. პირველადი ანტისხეული მონიშნული არ არის. ის სპეციფიურია სამიზნე ნივთიერების მიმართ. პირველადი ანტისხეულის და სამიზნე ნივთიერების ურთიერთქმედების შედეგად ყალიბდება ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსი. ანალიზის ამ ეტაპზე სარეაქციო არეში („ფოსოში") ფერადი რეაქცია არ აღინიშნება. მეორადი ანტისხეული მონიშნულია. ის პირველადი ანტისხეულის მიმართ არის სპეციფიური. შედეგად, მეორადი ანტისხეულის პირველად ანტისხეულთან შეკავშირებისას, სარეაქციო არეში („ფოსოში") ფერადი რეაქცია აღინიშნება. არაპირდაპირი იმუნოფერმენტული ანალიზი არაპირდაპირი დეტექციის პრინციპს ეფუძნება.



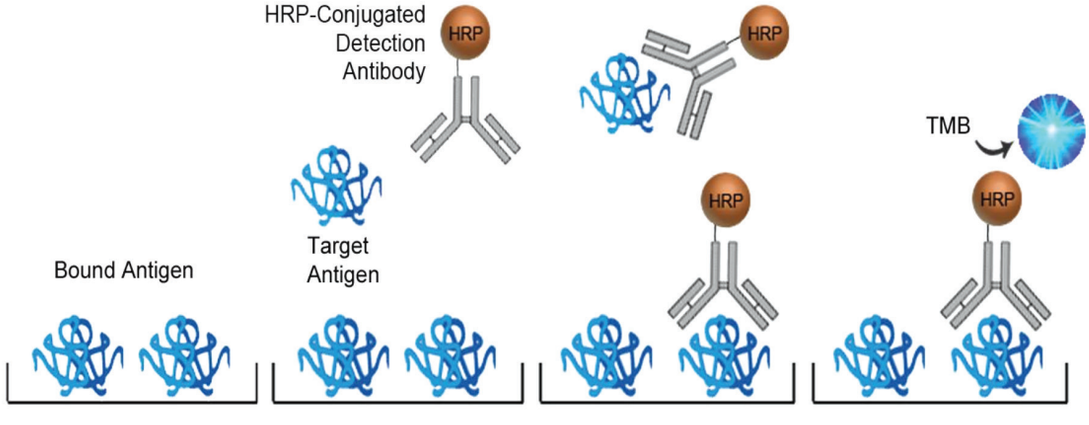

არაპირდაპირი იმუნოფერმენტული ანალიზი




„სენდვიჩის” ტიპის
იმუნოფერმენტული ანალიზი

**„სენდვიჩის” ტიპის იმუნოფერმენტული ანალიზი** - იმუნოფერმენტული ანალიზის ეს ვარიანტი ეფუძნება „ჩაჭერის” პრინციპს (capture assay), რაც გულისხმობს სამიზნე ნივთიერების - ანტიგენის „ჩაჭერას” ორი ანტისხეულის მიერ. ამათგან ერთი ანტისხეული იმობილიზებულია (ფიქსირებულია) სარეაქციო არის („ფოსოს”) ფსკერზე. ის სპეციფიურია სამიზნე ნივთიერების მიმართ და მონიშნული არ არის. მეორე ანტისხეული მონიშნულია. ის პირველ ანტისხეულთან შეკავშირებული სამიზნე ნივთიერების მიმართ არის სპეციფიური.

**კონკურენტული იმუნოფერმენტული ანალიზი** - იმუნოფერმენტული ანალიზის ამ ვარიანტში მყარ ფაზაზე დატანილია სამიზნე ნივთიერების მსგავსი ანტიგენი. ის სამიზნე ნივთიერებასთან მონიშნულ ანტისხეულთან ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსის ჩამოყალიბებისთვის კონკურირებს. შესაბამისად, ნიმუშში სამიზნე ნივთიერების არარსებობისას, კომპლექსი მყარ ფაზაზე არსებულ ანტიგენსა და მონიშნულ ანტისხეულს შორის წარმოიქმნება. შედეგად, სარეაქციო არეში („ფოსოში”) ფერადი რეაქცია განვითარდება. ნიმუშში სამიზნე ნივთიერების არსებობის შემთხვევაში, სწორედ ნიმუშის სამიზნე ნივთიერება წარმოქმნის კომპლექსს მონიშნულ ანტისხეულთან. ამ შემთხვევაში ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსი არ იქნება ფიქსირებული მყარ ფაზაზე და გაირეცხება. შედეგად, სარეაქციო არეში („ფოსოში”) ფერადი რეაქცია არ განვითარდება.




კონკურენტული იმუნოფერმენტული ანალიზი

## თევზსა და თევზის პროდუქტებში ტეტრაციკლინის რაოდენობრივი განსაზღვრა იმუნოფერმენტული ანალიზის მეთოდით

იმუნოფერმენტული ანალიზის მეთოდით ნიმუშში ტეტრაციკლინის რაოდენობრივი განსაზღვრა უმეტესწილად კონკურენტული იმუნოფერმენტული ანალიზის მეთოდით წარმოებს. აღნიშნული ანალიზის მეთოდით თევზსა და თევზის პროდუქტში ტეტრაციკლინის რაოდენობრივი განსაზღვრის აუცილებელ და საწყის ეტაპს ნიმუშის ჰომოგენიზაცია და ექსტრაქცია წარმოადგენს. 10 ნიმუშის შემთხვევაში, აღნიშნული ეტაპი დაახლოებით 30 წთ-ს საჭიროებს. იმუნოფერმენტული ანალიზის მსვლელობისას სარეაქციო არეში („ფოსოში") ამატებენ ნიმუშებს, სტანდარტულ ხსნარებს და ტეტრაციკლინის საწინააღმდეგო ანტისხეულებს.

ტეტრაციკლინის რაოდნობრივი იმუნოფერმენტული ანალიზისთვის განკუთვნილი დიაგნოსტიკური ნაკრები შეიცავს აუცილებელ და სპეციფიურ რეაგენტებს. თუმცა ანალიზის განხორციელებისთვის ასევე აუცილებელია:

1. იმუნოფერმენტული ანალიზატორი - რიდერი;
2. ცენტრიფუგა;
3. ვორტექს-მიქსერი;
4. სანჯღრეველა - შეიკერი;
5. ჰომოგენიზატორი;
6. ავტომატური, გრადუირებული და პასტერის პიპეტები;
7. 20 mM PBS ბუფერი - 0.55 გრ $NaH_2PO_4$ x $H_2O$ + 2.85 გრ $Na_2HPO_4$ x 2 $H_2O$ + 9 გრ NaCl, pH 7.4 კორექტირებული 1 M NaOH-ით, შევსებული 1000 მლ-მდე დისტილირებული წყლით.

ნიმუშის მომზადება: განახორციელეთ ნიმუშის ჰომოგენიზაცია. გადაიტანეთ 1 გრამი ჰომოგენიზებული ნიმუში ცენტრიფუგის სინჯარაში და დაუმატეთ 20 mM PBS ბუფერის (pH 7.4) 20 მლ. დაავორტექსეთ ნიმუში ბუფერთან ერთად. ანჯღრიეთ ნიმუში 10 წთ-ის განმავლობაში ექსტრაქციის მიზნით, დააცენტრიფუგირეთ 10 წთ-ის განმავლობაში 4000 g-ზე. იმუნოფერმენტული ანალიზისთვის გამოიყენეთ სუპერნატანტის ზედა თხევადი ფაზის 50 მკლ.

ანალიზის მომზადება: 20-30 წთ-ის განმავლობაში გაათბეთ რეაგენტები ოთახის ტემპერატურაზე. კონკრეტული დიაგნოსტიკური ნაკრების პროტოკოლის შესაბამისად მოამზადეთ სტანდარტები, ნიმუშის ბუფერი, გამრეცხი ბუფერი და ა.შ.

ანალიზის განხორციელება: აიღეთ სარეაქციო არის („ფოსოების") საჭირო რაოდენობა და განათავსეთ პლანშეტზე. ჩაინიშნეთ რეაქციის ოქმში პლანშეტზე

ნიმუშების, სტანდარტების და კონტროლების განთავსება. შეიტანეთ სარეაქციო არეში („ფოსოში”) სტანდარტის ან ნიმუშის 50 მკლ. თითოეულ სარეაქციო არეს დაუმატეთ ტეტრაციკლინის საწინააღმდეგო ანტისხეულის 50 მკლ. ფრთხილად შეანჯღრიეთ პლანშეტი და განახორციელეთ მისი ინკუბაცია ოთახის ტემპერატურაზე, 1 სთ-ის განმავლობაში. გადაღვარეთ სითხე სარეაქციო არედან („ფოსოდან”), დაფერთხეთ ფილტრის ქაღალდზე. თითოეული სარეაქციო არე შეავსეთ გამრეცხი ბუფერის 250 მკლ-ით, გადაღვარეთ. გაიმეორეთ გარეცხვის ეტაპი 2-ჯერ. თითოეულ სარეაქციო არეს („ფოსოს”) დაუმატეთ კონიუგატის 100 მკლ. ფრთხილად შეანჯღრიეთ პლანშეტი და მოახდინეთ მისი ინკუბაცია ოთახის ტემპერატურაზე 15 წთ-ის განმავლობაში. გადაღვარეთ სითხე სარეაქციო არედან („ფოსოდან”), დაფერთხეთ ფილტრის ქაღალდზე. თითოეული სარეაქციო არე შეავსეთ გამრეცხი ბუფერის 250 მკლ-ით, გადაღვარეთ. გაიმეორეთ გარეცხვის ეტაპი 2-ჯერ. თითოეულ სარეაქციო არეში („ფოსოში”) შეიტანეთ სუბსტრატის 100 მკლ ფერადი რეაქციისთვის. ფრთხილად შეანჯღრიეთ პლანშეტი და მოახდინეთ ინკუბაცია ოთახის ტემპერატურაზე, სიბნელეში 15 წთ-ის განმავლობაში. ჩართეთ იმუნოფერმენტული ანალიზატორი და შეარჩიეთ შესაბამისი პროგრამა. დაუმატეთ სტოპ ხსნარის 100 მკლ თითოეულ სარეაქციო არეს. ნაზად შეანჯღრიეთ პლანშეტი და წაიკითხეთ იმუნოფერმენტული ანალიზის შედეგები.

**მნიშვნელოვანია!** - *იმუნოფერმენტული ანალიზატორის (რიდერის) დაპროგრამება წარმოებს კონკრეტული მოწყობილობის მომხმარებლის სახელმძღვანელოს და ასევე კონკრეტული დიაგნოსტიკური ნაკრების პროტოკოლის შესაბამისად.*

იმუნოფერმენტული ანალიზის შედეგები შეიტანება ლაბორატორიულ ჟურნალში და რეაქციის ოქმში ლაბორატორიის საოპერაციო პროცედურების შესაბამისად.

იმუნოფერმენტული ანალიზის შედეგების ინტერპრეტაცია შესაძლებელია:

ა) ავტომატურად - იმუნოფერმენტული ანალიზატორის შესაბამისი პროგრამის გამოყენებით; ბ) მანუალურად - კონკრეტული დიაგნოსტიკური ნაკრების პროტოკოლის შესაბამისად საკალიბრო მრუდის აგებით და მასზე რეაქციის შედეგების მონიშვნით.

**მნიშვნელოვანია!** - *იმუნოფერმენტული ანალიზისთვის აუცილებელი მოწყობილობების ჩართვა, გამოყენება, სამუშაო რეჟიმზე გაყვანა, გამორთვა (გეგმური და ექსტრემალური) წარმოებს კონკრეტული მოწყობილობის მომხმარებლის სახელმძღვანელოს, ლაბორატორიის საოპერაციო პროტოკოლების და ლაბორატორიაში შრომის უსაფრთხოების ნორმების შესაბამისად.*

## პრაქტიკული დავალება:

1. თევზსა და ზღვის პროდუქტებში იმუნოფერმენტული მეთოდით ანალიზის ჩატარება
2. თევზსა და ზღვის პროდუქტებში მოლეკულურ-ბიოლოგიური მეთოდით ანალიზის ჩატარება

## კითხვები:

აღწერეთ იმუნოფერმენტული მეთოდებით ანალიზის ჩატარების წესი

განმარტეთ მოლეკულურ-ბიოლოგიური მეთოდებით ანალიზის ჩატარების პრინციპები

- ✔ ნუკლეინის მჟავების სტრუქტურა და ძირითადი თვისებები (დენატურაცია, რენატურაცია, ჰიბრიდიზაცია)
- ✔ დნმ რეპლიკაცია და პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქცია
- ✔ პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქციის ვარიანტები
- ✔ რაოდენობრივი და თვისობრივი პოლიმერიზაციის ჯაჭვური რეაქცია
- ✔ ჰიბრიდიზაცია და ბლოტინგი (western, southern, northern)

აღწერეთ დიაგნოსტიკური ნაკრების გამოყენების წესები

აღწერეთ სარეაქციო არის მომზადების მეთოდები

აღწერეთ სარეაქციო არის მოსამზადებლად საჭირო მოწყობილობებთან მუშაობის წესი

აღწერეთ თერმოსტატირების, ინკუბირების ტემპერატურული რეჟიმების შერჩევის, დაცვის და კონტროლის წესები

აღწერეთ სარეაქციო არეში ნიმუშის შეტანის წესი

აღწერეთ ნიმუშიანი სარეაქციო არის დამუშავების მეთოდები

აღწერეთ იმუნოფერმენტული და მოლეკულურ-ბიოლოგიური მეთოდებით ანალიზისთვის საჭირო მოწყობილობის მუშაობის და სიზუსტის კონტროლის წესი

# გამოყენებული ლიტერატურა

## შრომის უსაფრთხოება


1. „ლაბორატორიული ბიოუსაფრთხოების სახელმძღვანელო“; საქართველოს ბიოუსაფრთხოების ასოციაცია. მესამე გამოშვება, 2014. ISBN 974-9941-0-5958-2
2. ტექნიკური რეგლამენტი: „ავტოსატრანსპორტო საშუალებებით ტვირთის გადაზიდვის წესი“, საქ. მთავრობის 03.01.2014 წლის #32 დადგენილება.
3. PN11166. Labelling of Workplace Hazardous Chemicals Code of Practice, 2011
4. „ნარჩენების აღრიცხვის, წარმოების, ანგარიშგების განხორციელების ფორმისა და შინაარსის შესახებ“ – საქ. მთავრობის დადგენილება #422, 11.08.2015.
5. „ქიმიური ექსპერიმენტის ტექნიკა“, წიგნი #4. ელიზბარ ელიზბარაშვილი (www.chemistry.ge)
6. Laboratory Safety Guidance; Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor OSHA 3404-11R 2011
   https://www.osha.gov/Publications/laboratory/OSHA3404laboratory-safety-guidance.pdf


## ლაბორატორიის ხარისხის მენეჯმენტის სისტემა


1. ISO/IEC 17025:2005, General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories
2. EURACHEM/CITAC Guide to Quality in Analytical Chemistry (Third Edition), QAC 2016
3. Complying with ISO17025; A practical guidebook for meeting the requirements of laboratory accreditation schemes based on ISO17025:2005 or equivalent national standards. UNIDO (United Nations Industrial Development Organization). Vienna, 2009.
4. ILAC-G24 / OIML D 10; Guidelines for determination of calibration intervals of measuring instruments. Edition 2007 (E).


## ნიმუშის აღება


1. Neiffer, DL., Stamper, MA. 2009. Fish sedation, anesthesia, analgesia and euthanasia: Consideration, methods and the types of drugs. ILAR Journal 50: 343-360
2. Miva, S. Sampling Methods of Histopathology for Fish and Shellfish. National Research Institute of Aquaculture,Fisheries Research and Education Agency (http://nria.fra.affrc.go.jp/RCFD/histological-methods_e.html)


## ლაბორატორიული მოწყობილობების ოპერირება


1. ცალკეული ხელსაწყო-დანადგარის ოპერირების სახელმძღვანელო
2. Best Practice Guide to HazCom 2012 labeling, A Graphic Products Library Resource Graphyc Products.com

## რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ანალიზების ჩატარება


1. მ. ჭანტურია, მ.ცინცაძე, გ.ცინცაძე - თვისებითი ანალიზის ლაბორატორიული პრაქტიკუმი. „თბილისის უნივერსიტეტი“, 2004.
2. მ. ცინცაძე, ლ.ბერიშვილი, ც.ხარბედია. - ლაბორატორიული პრაქტიკუმი ანალიზურ ქიმიაში (I ნაწილი). „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009.
3. მ. ჭანტურია, მ.ცინცაძე, ა.მსხილაძე - ლაბორატორიული პრაქტიკუმი რაოდენობით ანალიზში. „უნივერსალი“, 2012.
4. მ. ცინცაძე, ც. ღუდუშაური, ლ. ბერიშვილი, ც. ხარბედია - ანალიზური ქიმიის სამუშაო რვეული. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013.
5. მ. ცინცაძე, ლ.ბერიშვილი, ც.ხარბედია - ლაბორატორიული პრაქტიკუმი ანალიზურ ქიმიაში (II ნაწილი). „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013.
6. И.К.Цитович. Курс аналитической химии. Изд. “Высшая школа”. Москва – 1972
7. И.К.Цитович. Химия с сельскохозяйственным анализом. М., “Колос”. 1970
8. Э.Ю.Янсон. Основы аналитической химии. Изд. “Высшая школа”. Москва – 1987
9. Valcarcel Miguel-Principles of Analytical Chemistry-Science. 2000
10. David Harvey - Modern Analytical Chemistry- DePauw University. 2000
11. ელიზბარ ელიზბარაშვილი. ქიმიური ექსპერიმენტის ტექნიკა. Chem-Experiment.


## მიკრობიოლოგიური ანალიზების ჩატარება


1. Adams, M., Moss, MO., McClure, P. Food Microbiology, Royal Society of Chemistry, 2015, 562 pp
2. Jay, JM., Loessner, MJ., Golden, DA. Modern Food Microbiology. Springer US, 2000, 790 pp (available also as an e-Book)


## ინსტრუმენტული ანალიზი

### შესავალი


1. Chemical Analysis: Modern Instrumentation Methods and Techniques 2nd Edition by Francis Rouessac, Annick Rouessac, 2007
2. Instrumental Methods of Analysis (Oxford Higher Education) 1st Edition by Sivasankar 2012


## სპექტროსკოპია


1. “Grundlagen der Spektroskopie”. Analytische Chemie; e-Learning fuer Chemieberufe. Dr. Steffan Ritzenhoff. Gefoerdert durch Bundensministreium fuer Bilding und Forschung, EU und Europaeischer Sozialfonds; 2012.
2. “Seminar: Photometrie”; G. Reibnegger und W. Windischhofe; Chemie fuer Mediziner.
3. “Introduction to Spectroscopy and Applications”- March, 2017 (https://oceanoptics.com/wp-content/uploads/Introduction-to-Spectroscopy-and-Applications.pdf)
4. Principles of Spectroscopy; ©Gary Christian, Analytical Chemistry, 6th Ed. (Wiley) http://

mtweb.mtsu.edu/nchong/Spectroscopy-CHEM6230.pdf
5. BASICS OF SPECTROSCOPY Spectroscopy School, MSSL, March 17-18, 2009; Frits Paerels Columbia Astrophysics Laboratory Columbia University, New York http://www.mssl.ucl.ac.uk/~gbr/workshop3/papers/Paerels_school_Mar17.pdf
6. Introduction to spectroscopy http://www.phy.olemiss.edu/Astro/Ex_IndoorLab.pdf

### პოტენციომეტრია

1. Физико-химические методы анализа. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студентов специальностей 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» и 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» / В. Н. Ковганко. – Минск : БГТУ, 2010. – 85 с. ISBN 978-985-530-018-3.
2. “Sammlung mit praktischen Aufgaben zur Grundausbildung von Chemielaboranten und –laborantinnen”; Aufgabensammlung ZLV 1998; Zuericher Laborpersonal-Verband (ZLV). Postfach 4019. 8022 Zuerich.
3. POTENTIOMETRIE - https://anchem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/i_anchem/Praktikumsunterlagen_instr_AC1/Potentiometrie.pdf

### კონდუქტომეტრია

1. Физико-химические методы анализа. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студентов специальностей 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» и 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» / В. Н. Ковганко. – Минск : БГТУ, 2010. – 85 с. ISBN 978-985-530-018-3.
2. “Conductivity Theory and Practice”
D61M002 • Printed by Radiometer Analytical SAS • France • 2004-05B
3. “Conductimetric Titrations”_Vernier Software & Technology 13979 S.W. Millikan Way • Beaverton, OR 97005-2886 Toll Free (888) 837-6437 • (503) 277-2299 • FAX (503) 277-2440 info@vernier.com • www.vernier.com
4. “Konduktometrische Titration einer Salzsäurelösung” - LTD Handblätter Chemie / Analytische Chemie; by LD DIDACTIC GmbH • Leyboldstraße 1 • D-50354 Hürth • Tel: +49-2233-604-0 • Fax: +49-2233-604-222. AW 2015-12.

### ქრომატოგრაფია

1. Practice of Thin Layer Chromatography, 3rd Edition, By Joseph C. Touchstone, 1992
2. Organic Trace Analysis Paperback, by Klaus Beyermann, 1984, Publisher: Ellis Horwood Ltd
3. Practical HPLC Methodology and Applications, By Brian A. Bidlingmeyer, 1993
4. Chromatography: A Science of Discovery, By Robert L. Wixom, Charles W. Gehrke, 2010
5. Basic Gas Chromatography, 2nd Edition, By Harold M. McNair, James M. Miller, 2009

## იმუნოფერმენტული და მოლეკულურ-ბიოლოგიური მეთოდებით ანალიზების ჩატარება


1. Alberts et al., Molecular biology of the cell, 6th edition
2. Watson et al., Molecular biology of the gene, 7th edition
3. Lodish et al., Molecular cell biology, 8th edition
4. USMLE Step 1 Lecture Notes 2017: Biochemistry and medical genetics
5. First aid for basic sciences: general principles, 3rd edition
6. Crowther, The ELISA guidebook (Methods in molecular biology), 2000th edition
7. Wilson & Walker, Principles and techniques of biochemistry and molecular biology, 7th edition