ალექსანდრე ლექავა

# ზოგადი მიკროტექნიკა

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა

თბილისი

1 9 5 5

# ს ა რ ჩ ე ვ ი

## ნ ა წ ი ლ ი პ ი რ ვ ე ლ ი


| | |
|---|---|
| | 33- |
| ბიკროსკოპი (სინათლის მიკროსკოპი) | 1 |
| მიკროსკოპის ოპტიკური სისტემა. | 4 |
| მიკროსკოპის ოპტიკური სქემა. | 14 |
| სხივების სვლა მიკროსკოპში | 15 |
| მიკროსკოპის ხარისხის განსაზღვრა | 17 |
| მიკროსკოპის გამადიდებლობა. . . . | 17 |
| მიკროსკოპში სხივების შეერთების გეომეტრიული სიზუსტე. | 20 |
| მიკროსკოპის გარჩევის უნარი. . | 23 |
| მიკროსკოპის მექანიკური სისტემა | 29 |
| ბიკროსკოპის გამაშუქებელი სისტემა . | 32 |
| პრეპარატის სამოძრავებელი. | 34 |
| მიკროსკოპის მოვლა | 36 |
| მიკრომანიპულატორი . . . . . | 37 |
| ლუმინესცენტური (ფლუორესცენტული) მიკროსკოპი . | 39 |
| ულტრამიკროსკოპია . . . | 43 |
| ფაზურ-კონტრასტული მიკროსკოპია | 46 |
| ინტერფერენციული მიკროსკოპი . | 49 |
| ულტრაიისფერი მიკროსკოპი | 50 |
| ილუმინატორი. . . . | 54 |
| საფარი და სასაგნე მინის სისქის გაზომვა. . . | 56 |
| მიკროსკოპული პრეპარატის გაზომვა (მიკრომეტრია) | 57 |
| მიკროსკოპის გამაშუქებელი ელექტრონათურა. | 60 |
| სახატავი აპარატი . | 60 |
| სახატავი სარკე . . . . | 62 |
| მიკროსკოპის გამადიდებლობის განსაზღვრა სახატავი აპარატისა და ობიექტმიკრომეტრის გამოყენებით . . | 63 |
| სახატავი აპარატით მიკროსკოპიდან სურათის გადმოხატვა | 64 |
| ნაკვთისებრი სურათის დახატვა | 67 |
| ელექტრონული მიკროსკოპი . . . . | 68 |
| ელექტრონული მიკროსკოპის მოწყობილობა და მოქმედების პრინციპი | 70 |

ობიექტის მიკროსკოპული გამოკვლევა ცოცხალ მდგომარეობაში. . 74
ფიქსირებული ობიექტის გამოკვლევა . 83
პარაფინში ჩაყალიბება 93
პარაფინის ანათლების დამზადება 97
მიკროტომი . 98
მიკროტომის დანის გალესვა. 101
მიკროტომის დანის პირის აწყობა 102
მიკროტომის მოვლა . 102
ცელოიდინში ჩაყალიბება და ანათლების დამზადება 102
სასაგნე მინების გაწმენდა. 105
პარაფინის ანათლების დაწებება სასაგნე მინაზე 106
ანათლების განთავისუფლება პარაფინიდან . . 106
ცელოიდინის ანათლების დაწებება სასაგნე მინაზე 107
ობიექტის გაყინვა და მისგან ანათლების დამზადება 108
განაყინი ანათლების დაწებება სასაგნე მინაზე . 110
ტოტალური პრეპარატი 111
ქსოვილის ელემენტების იზოლაცია. 113
ნაცხების დამზადება 116
შეღებვა. . 117
შეღებვის მეთოდები. . 124
ცხრილი ალკოჰოლის განსაზავებლად . 147
საგნობრივი საძიებელი 148

# ნ ი ნ ა ს ი ტ ყ ვ ა ო ბ ა

მიკროსკოპული ტექნიკა ემსახურება ცოცხალი ორგანიზმების მიკროსკოპული სტრუქტურების, ქიმიური შედგენილობისა და ფიზიკური თვისებების შესწავლას. ტექნიკურ მეცნიერებათა განვითარებასთან დაკავშირებით, ბიოლოგიისა და მედიცინის ეს დამხმარე დარგი ბოლო ხანებში დიდად დაწინაურდა.

გამოქვეყნდა მიკროსკოპული პრეპარატების დამზადების ბევრი ახალი მეთოდი და ვარიანტი, გამოშვებულ იქნა მიკროსკოპების ახალი გაუმჯობესებული ნიმუშები, ხმარებაში შემოვიდა ელექტრონული და ლუმინესცენტური მიკროსკოპები, რომელთა გამოყენებამ ბევრად გაადიდა მიკროსტრუქტურის დეტალების გარჩევის ფარგლები. განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს თანამედროვე საბჭოთა კონსტრუქციის ულტრაიისფერი მიკროსკოპი, რომელსაც დიდი უპირატესობა აქვს ადრინდელი, კელერის მიერ დამზადებულ ასეთივე აპარატთან შედარებით და ემყარება გამოსაკვლევი ობიექტის ნაწილაკების მიერ სპექტრის უხილავ ულტრაიისფერ ნაწილის სხვადასხვა სიგრძის ტალღების მქონე სხივების შერჩევითი და სხვადასხვა ხარისხით შთანთქმის პრინციპს. საბჭოური ულტრაიისფერი მიკროსკოპი იძლევა პრეპარატის სტრუქტურათა შემადგენელ ქიმიური შენაერთების შესაბამისს მეტად მდიდარ მრავალ სხვადასხვა ფერში წარმოდგენილ სურათს. ასეთი ულტრაიისფერი მიკროსკოპი ერთნაირად გამოსადეგია როგორც წინასწარ დამუშავებული, ისე დაუმუშავებული პრეპარატისა და, რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, ცოცხალ ობიექტზე დაკვირვებისათვის. ამ შემთხვევაში თავისთავად გასაგებია, რომ აცილებულია პრეპარატის წინასწარი დამუშავების რთული მეთოდიკა. ამ მიკროსკოპის შესაძლებლობის დასახასიათებლად საკმარისია მოვიყვანოთ შემდეგი მაგალითი. ულტრაიისფერი მიკროსკოპით შეიძლება შესწავლილ იქნეს ცოცხალ ობიექტში ექსპერიმენტების შედეგად გამოწვეული, ნივთიერებათა ცვლის პროცესში მომხდარი ცვლილებები.

მისი დახმარებით აგრეთვე ხერხდება გარკვეული ბიოქიმიური გარდაქმნების დაკავშირება ამა თუ იმ ჰისტოლოგიურ სტრუქტურასთან. ამგვარად, ულტრამიკროსკოპია აახლოვებს ბიოქიმიკოსთა და მიკრომორფოლოგთა ინტერესებს კვლევა-ძიების დარგში.

წარმოდგენილ სახელმძღვანელოში ზედმიწევნით მოკლედ არის მოთხრობილი თითქმის ყველა თანამედროვე მიღწევა მიკროტექნიკაში გამოყენებული ოპტიკური იარაღების შესახებ.

ადგილის უქონლობის გამო, სახელმძღვანელოში არასაკმარისი მოცულობით არის წარმოდგენილი ცნობები საბჭოთა ოპტიკური მრეწველობის მიერ გამოშვებული სარკელინზიანი უაბერაციო ობიექტივების შესახებ, ხოლო სრულიად არ არის განხილული მიკროკინოგადაღება, მიკროფოტოგრაფია, ანოფტალმური მიკროსკოპი, მიკროპრეპარატების შესადარებელი სპეციალური მიკროსკოპი და უნივერსალური მიკროსკოპი — МБИ - 6, რომელიც წარმოადგენს კვლევა-ძიებისათვის განკუთვნილ თანამედროვე კომპლექსურ სინათლის მიკროსკოპს.

ეს მოკლე სახელმძღვანელო შედგენილია ჩვენი უნივერსიტეტის ბიოლოგიის ფაკულტეტის ზოგადი მიკროტექნიკის კურსის პროგრამის მიხედვით. გარდა ამისა,მას დამატებული აქვს რამდენიმე განაკვეთი და ამ სახით იგი ამოსწურავს აგრეთვე დასახელებულ ფაკულტეტის სტუდენტთა საწარმოო პრაქტიკის პროგრამასაც ჰისტოლოგიაში.

ეს გამოცემა ერთგვარად აკმაყოფილებს ანატ. ჰისტ. და ემბრ-თა საკავშირო სამეცნიერო საზოგადოების გამგეობის პლენუმის დადგენილებას, რომ „გაუმჯობესდეს და გაძლიერდეს უმაღლეს სასწავლებლებში მიკროსკოპიის თანამედროვე მეთოდების სწავლება. პერიოდულად მოეწყოს კურსები მიკროსკოპული ტექნიკის კულტურის ასამაღლებლად, გამოიცეს სახელმძღვანელოები მიკროსკოპული ტექნიკის თანამედროვე მეთოდების შესახებ“. გარდა ამისა, ამ წიგნის გამოცემა ნაკარნახევია აგრეთვე იმ გარემოებითაც, რომ ამჟამად ქართულ ენაზე მიკროტექნიკაში არ მოიპოვება რაიმე სახელმძღვანელო. პროფ. ს. საყვარელიძის მიერ ქართულ ენაზე შედგენილი და სტუდენტებისათვის მეტად საჭირო „მიკროსკოპული ტექნიკა“, სამწუხაროდ, 1931 წლის შემდეგ არ გამოცემულა.

ამ წიგნის შედგენის დროს ჩვენს მიერ გამოყენებული იყო მრავალი წყარო (მონოგრაფიები, კრებულები, სპეციალური სტატიები, მიკროტექნიკის ვრცელი სახელმძღვანელოები და სხვა). ზოგი იარაღის აღწერილობა და ფუნქცია, აგრეთვე პრეპარატების დამუშავების მეთოდიკა, რეაქტივის რეცეპტურა და სხვა ამოღებულია ამ წყაროებიდან უცვლელად ან მეტნაკლები ცვლილებით ზომისა და შინაარსის მხრივ, რაც თავისთავად გასაგებია, გამოწვეულია ასეთი ტიპის სახელმძღვანელოს თავისებურებით. ამავე დროს სახელმძღვანელო შე-

იცავს აგრეთვე ისეთ ნაწილებსაც, რაც მიკროტექნიკაში ქვეყნდება პირველად.

სახელმძღვანელოს პირველი ნაწილის ნაბეჭდი ტექსტის გადათვალიერებისათვის მადლობას მოვახსენებ ღრმად პატივცემულ დოც. მ. მირიანაშვილს.

კორექტურების წაკითხვისა და საგნობრივი სარჩევის შედგენაში დიდი დახმარება გამიწია ჰისტოლოგიური ლაბორატორიის კოლექტივმა, განსაკუთრებით მ. სიხარულიძემ, ე. ტოროტაძემ და მ. ჩიტაძემ. გარდა ამისა ე. ტოროტაძემ ჩემი თხოვნით დაამზადა წიგნში ჩართული ოთხი ტაბულა, მათ შორის ერთი ფერადი, რისთვისაც ყველას გულწრფელ მადლობას მოვახსენებ.

ავტორი.

მიკროსკოპულ ტექნიკაში შეიძლება გარჩეულ იქნეს ორი ნაწილი: ერთი ეხება სხვადასხვაგვარი მიკროსკოპისა და მათი დამხმარე აპარატების გამოყენების მეთოდიკას.

მეორე ეხება ორგანიზმების სხვადასხვა შემადგენელი ნაწილების მიკროსკოპული აგებულების, ქიმიური შედგენილობისა და ფიზიკური თვისებების შესწავლისათვის საჭირო პრეპარატების დამზადების მეთოდიკას.

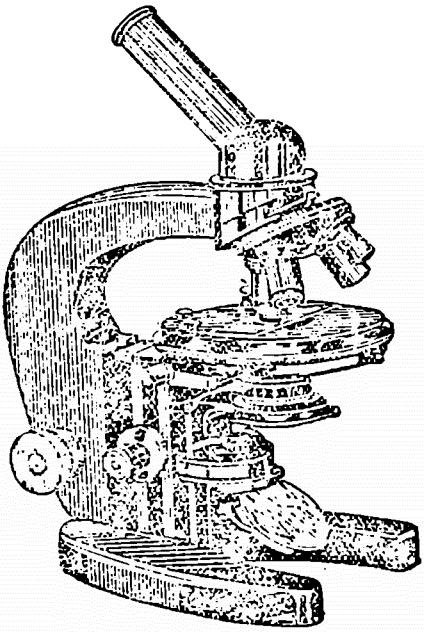
ამ მოკლე სახელმძღვანელოში ეს ორი ნაწილი არ არის მკვეთრად ერთი მეორისაგან გამოყოფილი. მიუხედავად ამისა, ჯერ პირველია მოთხრობილი, ხოლო შემდეგ მეორე.

---

# ნაწილი პირველი

## მიკროსკოპი (სინათლის მიკროსკოპი)

**მიკროსკოპი** (ბერძნ. მიკროს—მცირე, სკოპეო—ვხედავ) ეწოდება რთულ ოპტიკურ იარაღს, რომელიც ჩვეულებრივ შედგება ლინზების ერთი ან ორი ოპტიკური სისტემისაგან. პირველ შემთხვევაში მას ეწოდება „მარტივი“ მიკროსკოპი ანუ ლუპა, მეორე შემთხვევაში „რთული“ მიკროსკოპი ანუ მიკროსკოპი (სურ. 1).



სურ. 1. ბიოლოგიური მიკროსკოპი (რთული მიკროსკოპი) მოდელი МБИ-1, დახრილი ტუბუსით.

ერთი ოპტიკური სისტემით—ობიექტივით მოცემული გადიდებული შებრუნებული და ნამდვილი გამოსახულება მიკროსკოპში განიხილება მეორე ოპტიკური სისტემით—ოკულარით, რომელიც იძლევა გადიდებულ, პირდაპირ და მოჩვენებით გამოსახულებას. ამ ორი ოპტიკური სისტემის კომბინაცია იძლევა საგნის გადიდებულ, შებრუნებულ და მოჩვენებით გამოსახულებას.

მიკროსკოპში ათვალიერებენ ძლიერ მცირე, თვალით შეუმჩნეველ არა თვითმნათ საგნებს, რომელთა შემადგენელი ცალკე ნაწილები ამა თუ იმ ხარისხით შეეფარდებიან სინათლის ტალღის სიგრძეს[1].

[1] აკომოდაციის დაუპიმავად თვალით ჩანს 0,2—0,3 მმ დიამეტრის მქონე საგნები. საგნებს, რომლებიც თვალით ჩანს, უწოდებენ სუპერმიკრონებს. მიკროს-

მიკროსკოპის მთავარ ნაწილს შეადგენენ ლინზები, რომელთა თვისებები არსებით გავლენას ახდენს მიკროსკოპის ხარისხზე მთლიანად.

მიკროსკოპის მიერ გადიდებული საგნების სტრუქტურათა დეტალების მკაფიოდ გამოვლინება განისაზღვრება მის ოპტიკურ სისტემაში სხივების გეომეტრიული ზუსტი შეერთებით და მიკროსკოპის გარჩევის (გადამწყვეტი) უნარით. მიკროსკოპის გარჩევის უნარი მთლიანად დამოკიდებულია ორ სიდიდეზე: სინათლის ტალღის სიგრძეზე და ე. წ. რიცხვით აპერტურაზე.

ეს ოდენობები ურთიერთ შორის უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაში არიან. რაც უფრო ნაკლებია სინათლის ტალღის სიგრძე და მეტია რიცხვითი აპერტურა, მით უფრო კლებულობს მანძილი ორ ყველაზე ახლო მდებარე ცალ-ცალკე გასარჩევ ელემენტებს შორის (იხ. გვ. 27). თანამედროვე გაუმჯობესებულ მიკროსკოპებში რიცხვითმა აპერტურამ მიაღწია თავის თეორიულ საზღვარს. სინათლის ტალღის სიგრძის შემოკლება სინათლის მიკროსკოპში ხერხდება მხოლოდ ძლიერ მოკლე ტალღიანი, თვალით უხილავი ულტრაიისფერი სხივების გამოყენებით.

ულტრაიისფერი სხივების ფართო გამოყენება რიგ სიძნელეთა გამო ჯერჯერობით შეზღუდულია.

მიკროსკოპის მიერ მოცემულ გამოსახულებას უმეტეს შემთხვევაში ათვალიერებენ უშუალოდ თვალით (ვიზუალურად), შედარებით იშვიათად, ეკრანზე პროეცირებულს ან ფოტოგრაფიულ ფირფიტაზე გადაღებულს.

მიკროსკოპში არჩევენ ოპტიკურ, გამაშუქებელ და მექანიკურ სისტემებს. ფართო გაგებით ოპტიკურ სისტემაში გულისხმობენ გამაშუქებელ სისტემასაც.

**ლუპა.** როგორც უკვე აღნიშნული იყო, მიკროსკოპისაგან განსხვავებით, ლუპა შედგება ერთი ოპტიკური სისტემისაგან. ლუპის ეს სისტემა შეიცავს ერთ, ორ ან მეტ ლინზას, აღნიშნულ

---

კოპით ჩანს საგნები, რომელთა დიამეტრი მერყეობს 0,2 მიკრონიდან 0,2 მმ-მდე. ასეთ საგნებს უწოდებენ მიკრონებს.

ულტრამიკროსკოპით ჩანს ნაწილაკები, რომელთა დიამეტრი მერყეობს 0,001 მიკრონიდან 0,2 მიკრონამდე. ასეთ საგნებს უწოდებენ სუბმიკრონებს, ანუ ულტრამიკრონებს.

ელექტრონულ მიკროსკოპით ჩანს 0,001 მიკრონზე მცირე დიამეტრის საგნები. ასეთ საგნებს უწოდებენ ამიკრონებს.

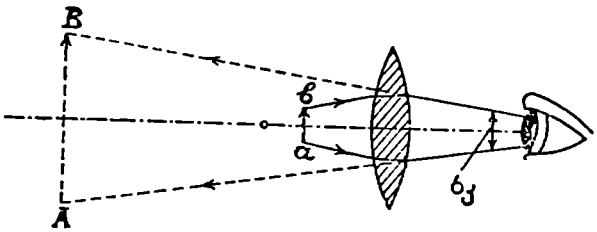
ლინზებს შორის ერთი გამადიდებელია (ორმხრივამოზნექილი ან ბრტყელამოზნექილი) დანარჩენი კი დანიშნულია სფერული და ზოგჯერ ქრომატული აბერაციის ასაცილებლად.

ლუპაში გასადიდებელ საგანს ათავსებენ ლინზის ფოკუსურ მანძილის ფარგლებში (სურ. 2).

არსებობს ხელის, სათვალეების მსგავსი და შტატივიანი ლუპა.

შტატივიან ლუპაში, ისე როგორც მიკროსკოპში, არჩევენ ოპტიკურ, გამაშუქებელ და მექანიკურ ნაწილებს.

ბრტყელ სარკეზე დაცემული პარალელური სხივები არეკვლის შემდეგ გაივლიან გამოსაკვლევ საგანში, ეცემიან ლუპის ორმხრივ-




სურ. 2. სხივების სვლა ლუპაში. ab—გასადიდებელი საგანი; AB—გადიდებული საგნის პირდაპირი და მოჩვენებითი გამოსახულება; бj—ხედვის კუთხე.

ამოზნექილ ლინზას (ან ბრტყელამოზნექილ ლინზას, რომლის ამოზნექილი ზედაპირი მიმართულია ობიექტივისაკენ), გადატყდებიან მასში და ხვდებიან დამკვირვებელს თვალში. უკანასკნელი ხედავს საგნის მოჩვენებით, გადიდებულ და პირდაპირ გამოსახულებას 250 მმ მანძილზე, ე. ი. თვალის ნორმალური ხედვის მანძილზე (სხივების სვლა სურათზე აღნიშნულია ისარით).

უბრალო ლუპის გარდა, არსებობს კორეგირებული ლუპები. ასეთია მაგ. აპლანატური ლუპა, რომელიც ადიდებს 6—10-ჯერ, ანასტიგმატური ლუპა—ადიდებს 16—27-ჯერ.

ამჟამად კონსტრუირებულია აგრეთვე ბინოკულარული ლუპები. ბინოკულარული ლუპა იძლევა სტერეოსკოპულ სურათს.

შტატივიან ბინოკულარული ლუპის გარდა არსებობს აგრეთვე სათვალეების მსგავსი, თვალებზე გასაკეთებელი ბინოკულარული ლუპა. იგი მეტად მოსახერხებელია, რადგან სამუშაოდ ანთავისუფლებს ხელებს. ასეთ ლუპაში ლინზების ზემო ნაწილი,

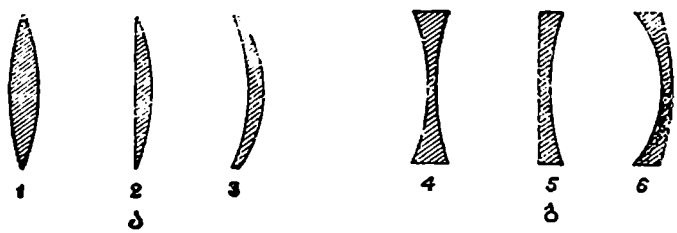
რომელიც დაკვირვებისათვის არ არის აუცილებელი, ამოჭრილია. ეს საშუალებას აძლევს მომუშავეს ლუპის მოუხსნელად, საჭიროების მიხედვით, იცქიროს ლუპაში ან ლუპის გარეშე. ასეთი ლუპა მსუბუქია, მისი ხმარება შეიძლება საათობით ისე, რომ არავითარ უხერხულობას არ იწვევს.

## მიკროსკოპის ოპტიკური სისტემა

როგორც ზემოდ იყო აღნიშნული, მიკროსკოპის ოპტიკურ სისტემას შეადგენს ობიექტივი და ოკულარი.

ობიექტივი. ობიექტივები შეადგენენ მიკროსკოპის ყველაზე მნიშვნელოვან და ღირებულ ნაწილს. ისინი წარმოადგენენ ლითონის მილში განლაგებულ ლინზების სისტემას (სურ. 10.).

ლინზა ეწოდება სფერული ზედაპირებით შემოსაზღვრულ გამჭვირვალე სხეულს.




სურ. 3. ა. დადებითი ლინზები; ბ. უარყოფითი ლინზები. 1—ორმხრივ ამოზნექილი ლინზა; 2—ბრტყელ ამოზნექილი ლინზა; 3—დადებითი მენისკო; 4—ორმხრივ ჩაზნექილი ლინზა; 5—ბრტყელჩაზნექილი ლინზა; 6—უარყოფითი მენისკო.

ფორმის მიხედვით არჩევენ დადებით და უარყოფით ლინზებს.

დადებითი ლინზა შუაში (ოპტიკურ ღერძთან) უფრო სქელია, ვიდრე ნაპირებზე. დადებით ლინზებს შორის არჩევენ: ორმხრივამოზნექილ და ბრტყელამოზნექილ ლინზებს და დადებით მენისკოებს (სურ. 3, ა).

უარყოფითი ლინზა, პირიქით, შუაში (ოპტიკურ ღერძთან) უფრო თხელია, ვიდრე ნაპირებზე. უარყოფით ლინზებს შორის არჩევენ: ორმხრივჩაზნექილსა და ბრტყელჩაზნექილ ლინზებს და უარყოფით მენისკოებს (სურ. 3, ბ).

ობიექტივში ლინზები (ერთმანეთთან შეწებებული ან განცალკევებული) განლაგებულია ერთმანეთის მიმართ განსაზღვრულ მანძილზე და ზუსტად არიან ცენტრირებული, ე. ი. მათი ოპტიკური ღერძები ზუსტად ემთხვევიან ერთმანეთს (სურ. 12). ყველაზე მცირე დიამეტრის მქონე წინა ლინზას ეწოდება ფრონტალური. იგი უმთავრესია და ერთადერთი, რომელსაც აქვს მიკროსკოპში სტრუქტურის დეტალების მოცემის უნარი. მის ზემოდ მდებარეობს 2—9-დე (სურ. 12) და ზოგჯერ მეტი ლინზა. მათ ფუნქციას შეადგენს ფრონტალური ლინზის მიერ მოცემული გამოსახულების განთავისუფლება რიგ ნაკლოვანებებისაგან. ამ ლინზებს ამიტომ ეწოდებათ საკორექციო ლინზები.

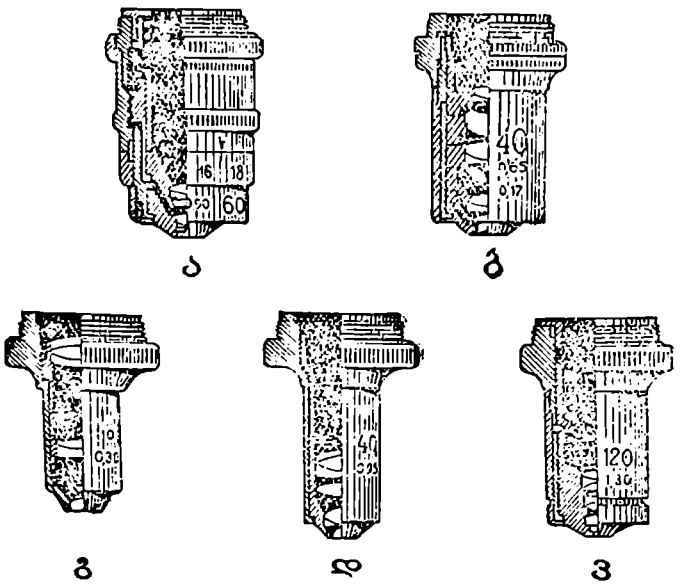
რაც უფრო ძლიერია ობიექტივი, მით უფრო მცირეა ფრონტალური ლინზის ფოკუსური მანძილი და მეტადაა გამოხატული მისი სიმრუდე. იგი თანდათან უახლოვდება ნახევარსფეროს. ფრონტალური ლინზის ოდენობა წარმოადგენს იმ გადიდების საზომს, რომელსაც იძლევა ობიექტივი მთლიანად. რაც უფრო მცირეა ობიექტივის ლინზის ზომა, მით უფრო მეტია გადიდება. ობიექტივის გადიდების ზრდასთან დაკავშირებით მატულობს მისი აგებულების სირთულეც.

ობიექტივები მრავალი სახისაა: ჩვენ აქ ვარჩევთ ძირითადად აქრომატებსა და აპოქრომატებს (სურ. 4).

**აქრომატები** უფრო მარტივი ობიექტივებია, ამიტომ ისინი შედარებით იაფფასიანია და ფართოდ გავრცელებული. მათ მიერ მოცემული გამოსახულება თავისი ღირსებით რამდენადმე დაბალია აპოქრომატებთან შედარებით. აქრომატები კორეგირებულია ორი (წითელი და ლურჯი) ფერის მიმართ. ფერებზე არასრული კორექციის გამო აქრომატებს გააჩნიათ ე. წ. მეორადი სპექტრი.

**აპოქრომატები** უფრო რთული კონსტრუქციის ობიექტივებია, მათში აცილებულია ოპტიკური გამოსახულების სხვადასხვა ნაკლი. მათ არა აქვთ მეორადი სპექტრი. ისინი კორეგირებული არიან სამ ფერზე (წითელი, ყვითელი და ლურჯი). აპოქრომატის მიერ მოცემული გამოსახულება გამოირჩევა სრული სიმკვეთრით და ფერების და ელფერის სწორი გადმოცემით, რასაც ზოგჯერ დიდი მნიშვნელობა აქვს სამეცნიერო კვლევის დროს, განსაკუთრებით ფერების ზუსტი გადმოცემის საჭიროების დროს. ისინი შეიცავენ ლინზების გაცილებით მეტ რაოდენობას და მასალაც, რომლისგანაც მზადდება მათი ლინზები, სხვაგვარია. აქრომატულ ლინზების დასამზადებლად ხმარობენ ჩვეულებრივ ან ტყვიანარევ მინას. აპოქრომატებისათვის კი ე. წ. ახალ მინას:

ფოსფორნარევ მინას, ბორნარევ მინას და გარდა ამისა ფლუორიტს. გამადიდებელი ლინზების კორეგირებისათვის იყენებენ ერთი მხრივ სხვადასხვა ქიმიური შემადგენლობის მინისაგან დამზადებულ ლინზებს. კერძოთ იყენებენ სხვადასხვა, სხივის გარდატეხის მაღალი მაჩვენებლის მქონე (კ რ ო ნ გ ლ ა ს ი) და სინათლის ძლიერ გამბნევ (ფ ლ ი ნ ტ გ ლ ა ს ი), უნარის მქონე ლინზებს. მეორე მხრივ, აწარმოებენ დადებითი და უარყოფითი ლინზების სხვადა-




სურ. 4. სხვადასხვაგვარი ობიექტივები; ა—60×გამადიდებელი სემიაპოქრომატი, ბ—40×გამადიდებელი პლანაქრომატი, გ—10×გამადიდებელი აპოქრომატი, დ—40×გამადიდებელი აპოქრომატი, ვ—120×გამადიდებელი აპოქრომატი—ზეთის იმერსიისათვის.

სხვა შეფარდებით გამოყენებას. ორივე დასახელებული ხერხის გამოყენებით შესაძლებელი ხდება ობიექტივის ნაკლოვანებათა აცილება.

აქრომატებთან ახლოს დგას პ ლ ა ნ ა ქ რ ო მ ა ტ ე ბ ი, ისინი გამოსახულებას იძლევიან ერთ სიბრტყეში. პლანაქრომატებს ხმარობენ მიკროფოტოგრაფირების დროს.

გარდა ამისა ქარხნები გასაყიდად უშვებენ აგრეთვე უფრო მარტივი კონსტრუქციის ობიექტივებს. ასეთი ობიექტივებია ნახევ-

რად აპოქრომატები ანუ სემიაპოქრომატები. ნახევრად აპოქრომატების ლინზები იმავე მასალისაგან მზადდება, რომლისგანაც აპოქრომატების ლინზები. ნახევრად აპოქრომატებს თავისი თვისებებით უახლოვდებიან ე. წ. ფლუორიტის სისტემები.

ფლუორიტის სისტემის ობიექტივების ხარისხი უფრო დაბალია, ვიდრე აპოქრომატებისა.

კონსტრუქციის პირობებით აპოქრომატები რამდენიმედ ამრუდებენ გამოსახულებას, რაც გამოიხატება იმაში, რომ არ შეიძლება ერთნაირად მკაფიოდ და ერთდროულად დავინახოთ როგორც პრეპარატის ცენტრში, ისე ხედვის ველის ნაპირზე მდებარე წერტილები. აპოქრომატების მიერ მოცემული გამოსახულება რამდენიმედ ამობურცულია და არა ბრტყელი. აპოქრომატები უმთავრესად იხმარება კვლევა-ძიების დროს დეტალებისა და უწვრილესი სტრუქტურების შესწავლისათვის. ასეთი მუშაობის დროს ხედვის ველის მცირე გამრუდება ხელს არ უშლის ობიექტის შესწავლას, ვინაიდან მიკრომეტრული ხრახნის მცირე ფარგლებში ბრუნვის საშუალებით ყოველთვის შესაძლებელია გამოსახულების სიმკვეთრე გადატანილ იქნას ხედვის ველის ნაპირებიდან მის ცენტრში და პირიქით. მართალია, ამ სიმრუდეს რამდენიმედ ასწორებენ „კომპენსაციური ოკულარები“, რომლებიც სპეციალურად გაანგარიშებული არიან აპოქრომატულ ობიექტებთან სახმარად. აპოქრომატულ ობიექტივებთან ჩვეულებრივი ჰიუგენსის ოკულარების (იხ. ქვემოთ) ხმარების დროს კი სიმრუდე ხედვის ველში მკაფიოდ ემჩნევა. გარდა ამისა, აპოქრომატების გამოყენების დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს ტუბუსის სიგრძეს, რომელზედაც არიან ისინი გაანგარიშებულნი და მხოლოდ ამ პირობების დაცვის შედეგად აპოქრომატები იძლევიან მათთვის დამახასიათებელი მაღალი ხარისხის გამოსახულებას.

აქრომატების უარყოფით მხარეს პირველ რიგში შეადგენს ფერების კორექციის არასაკმარისად მაღალი ხარისხი და ამის გამო მათში ე. წ. „მეორადი სპექტრის“ გამოვლინება. სამაგიეროდ მათ ღირსებას აპოქრომატებთან შედარებით შეადგენს გამოსახულების უფრო იდეალური სიბრტყელე, რომელიც შესაძლებელს ხდის ერთდროულად და ერთნაირად მკაფიოდ დათვალიერებულ იქნეს ხედვის ველი მთლიანად.

თავისი კონსტრუქციით სემიაპოქრომატები უახლოვდებიან აქრომატებს, მაგრამ აქრომატებთან შედარებით მათში ფლუორიტის გამოყენების შედეგად მიღწეულია შეფერადების უკეთესი კორექცია.

ამჟამად ჩვენში დამზადებულია ისეთი მიკროსკოპები, რომლებშიაც ლინზების ნაცვლად გამოყენებულია სფერიული სარკეები. ასეთ ლინზებში სხივის გარდატეხის ნაცვლად წარმოებს მისი არეკვლა. ამ პრინციპით დამზადებული ობიექტივები წარმოადგენენ აბსოლუტურ აპოქრომატებს. სარკელინზიანი ობიექტივი პრინციპში შედგება ნახევარსფეროსებურ და რგოლისებურ სარკეებისაგან. სინათლე ჯერ ეცემა ნახევარსფეროსებურ სარკეს, ხოლო მისგან არეკვლის შემდეგ რგოლისებურ სარკეს. რგოლისებურ სარკიდან არეკლილი სხივები კი საბოლოოდ თავს იყრიან ერთ წერტილში.

ობიექტივები თავის მხრივ იყოფა ორ ჯგუფად: მშრალ ობიექტივებად და იმერსიულ ობიექტივებად.

მშრალი ეწოდება ისეთ ობიექტივს, რომლის გაანგარიშება გულისხმობს ჰაერის არსებობას ფრონტალურ ლინზასა და განსახილველ საგანს შორის.

იმერსიული ეწოდება ისეთ ობიექტივს, რომლის გაანგარიშება გულისხმობს რომელიმე სპეციალური სითხის არსებობას ფრონტალურ ლინზასა და განსახილველ საგანს (ან საფარი მინის ზემო ზედაპირს) შორის.

იმერსიული ობიექტივების უპირატესობა მშრალი ობიექტივების მიმართ გამოიხატება იმაში, რომ მათი საშუალებით შესაძლებელი ხდება მიკროსკოპის გარჩევის უნარის გადიდება (იხ. გვ. 23).

როგორც ცნობილია, სინათლის სხივების კონის გადასვლისას ერთი არედან მეორეში, რომელსაც სხვა გარდატეხის კოეფიციენტი აქვს, ხდება სხივების ნაწილის გადახრა გვერდზე. ასეთი გადახრა მით უფრო ძლიერადაა გამოხატული, რაც უფრო მეტია განსხვავება მეზობელი არეების სხივტეხის კოეფიციენტებში. მიკროსკოპში კონდენსორიდან გამოსული სხივების კონა, ჯერ გაივლის ჰაერში, რომელიც არსებობს კონდენსორის ლინზისა და პრეპარატის საგნის მინას შორის, შემდეგ საგნის მინაში, კანადის ბალზამის ფენაში, რომელშიც მოთავსებულია პრეპარატი, საფარ მინაში, კვლავ ჰაერში და ბოლოს ობიექტივის ფრონტალურ ლინზაში. ყოველ ამ გადასვლისას, სხივების ნაწილი იხრება გვერდზე ან უკუიქცევა და, მაშასადამე, არ გამოიყენება ხედვის ველის გასაშუქებლად. ხედვის ველის გაშუქების მაღალ ხარისხს კი განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს დიდი გადიდების დროს, როდესაც ფრონტალური ლინზის დიამეტრი მცირეა. გამორკვეულია, რომ სინათლის მეტი ნაწილი ამ დროს იკარგება, ერთი

მხრივ, მისი მინიდან ჰაერში გადასვლისა და მეორე მხრივ, ჰაერიდან კვლავ მინაში გადასვლისას. რომ თავიდან აცდენილ იქნეს სინათლის სხივის ასეთი დაკარგვა, პრეპარატის საფარ მინაზე აწვეთებენ ე. წ. იმერსიულ სითხეს და ამ სითხეში ჩაყურავენ ფრონტალურ ლინზას. იმერსიული სითხის სხივტეხის უნარის მიხედვით სინათლის დანაკლისი მცირდება მეტი ან ნაკლები ოდენობით.

დაკვირვების პირობების მიხედვით, იმერსიისათვის ჩვეულებრივ იხმარება შემდეგი სითხეები:

1. დესტილირებული წყალი—სხივტეხის კოეფიციენტი—1,333 (ასეთი იმერსია უფრო ხშირად იხმარება ცოცხალ და შეუღებავ ობიექტებზე დაკვირვების დროს).

2. წყალ-გლიცერინის ხსნარი—სხივტეხის კოეფიციენტი—1,434 (იხმარება „ულტრაიისფერი" სხივების გამოყენების დროს).

3. კედარის ზეთი—სხივტეხის კოეფიციენტი—1,515 (სხვა იმერსიულ სითხეებთან შედარებით ყველაზე ხშირად იხმარება. ჩვეულებრივ მას იყენებენ საფარი მინის მქონე პრეპარატებზე დაკვირვებისას).

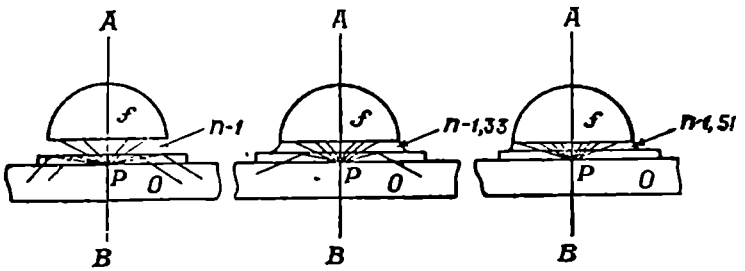
4. მონობრომნაფტალინი—სხივტეხის კოეფიციენტი—1,658 (იხმარება საფარი მინის გამოუყენებლად და ამავე დროს, როცა ობიექტივის ფრონტალური ლინზა დამზადებულია ფლინტგლასისაგან).

იმერსიული სითხის სახით კედარის ზეთის გამოყენებას ის აზრი აქვს, რომ უკანასკნელის სხივტეხის კოეფიციენტი დაახლოებით უდრის მინის სხივტეხის კოეფიციენტს. ამიტომ ოპტიკური თვალსაზრისით საგნის მინა პრეპარატიანად და მიკროსკოპის ფრონტალური ლინზა ქმნიან თითქმის ერთნაირ სხივტეხის მასას. სინათლის კარგვას ამ დროს თითქმის არა აქვს ადგილი. ამიტომ კედარის ზეთის იმერსიას ხშირად უწოდებენ ჰომოგენურ იმერსიას.

იმერსიულ ობიექტივებს ჩვეულებრივ უფრო მცირე სამუშაო მანძილი აქვთ. იგი განიზომება მილიმეტრის მეათედებით, მეასედებითაც. მხოლოდ პლანქტონურ იმერსიულ ობიექტივს აქვს მცირე გადიდება და დიდი სამუშაო მანძილი. მას ჩაყურავენ ხოლმე თავის წინა ბოლოთი წყლით სავსე ჭურჭელში, მაგ., აკვარიუმში და იყენებენ წყალში მყოფ ობიექტებზე დაკვირვებისათვის.

იმერსიული სისტემის უპირატესობა მკაფიოდ ჩანს თანდართულ სურათზე (სურ. 5). სურათის მარცხენა მხარეზე მოცემულია სხივების სვლა მშრალ სისტემაში. ამ შემთხვევაში სხივი გადადის მინიდან (სხივტეხის კოეფიციენტი უდრის 1,53) ჰაერში (სხივტეხის კოეფიციენტი უდრის 1-ს), იგი ნაწილობრივ გადატყდება მას-

ში. ნაწილობრივ კი აირეკლება საფარ მინიდან, როგორც სარკიდან. ვინაიდან საფარ მინის ზემოთ ისევ ჰაერია, სხივების მხოლოდ ნაწილი მოხვდება ობიექტივში. სურათის ცენტრში წარმოდგენილია სხივების სვლა წყალ-იმერსიულ სისტემაში. დესტილირებული წყლის სხივტეხის კოეფიციენტი უდრის 1,33, ამიტომ სხივები აქ უფრო მცირედ გადატყდებიან, ვიდრე ჰაერში გადასვლისას, მათი არეკვლაც შემცირებულია. ბოლოს სურათის მარჯვენა მხარეზე მოცემულია სხივების სვლა ზეთ-იმერსიულ ე. წ. ჰომოგენურ სისტემაში. კედარის ზეთის (1,51) და მინის (1,53) სხივტეხის კოეფიციენტებს შორის განსხვავება მცირეა. ამიტომ პრაქტიკულად ყველა სხივი გადაუტეხლად და აურეკლავად მოხვდება



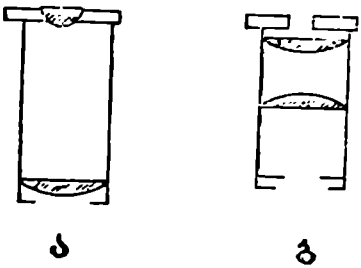

სურ. 5. სხივების სვლა მშრალ, წყლისა და ზეთის იმერსიულ ობიექტივში; f—ობიექტივის ფრონტალური ლინზა, p—პრეპარატი, o—მიკროსკოპის კონდენსორი.

ობიექტივში. მაშასადამე, მშრალ სისტემასთან შედარებით ჰომოგენური იმერსიის დროს ობიექტივში გაივლის სხივების უფრო მეტი რაოდენობა.

ობიექტივების ნუმერაცია საბჭოთა მიკროსკოპებში დაკავშირებულია მათ გადიდებასთან. არსებობს ობიექტივები, რომლებიც ადიდებენ: 8×, 10×, 20×, 40×, 60×, 90×, 100×, 120× და სხვა. მშრალ ობიექტივებისაგან განსხვავებით იმერსიულ ობიექტივის ჩარჩოს აწერია *ОИ* ან *HI*—რაც ნიშნავს იმერსიულს.

ოკულარი. ოკულარი შედგება ლითონის მილისაგან, რომლის ბოლოებზე ჩამაგრებულია ორი დადებითი ლინზა. ერთი მდებარეობს თვალისაკენ და ეწოდება თვალის ლინზა, მეორე მიმართულია ობიექტივისაკენ და ეწოდება შემკრები ლინზა ანუ კოლექტივი. ოკულარი თავსდება ტუბუსის ზემო ბოლოში. კონსტრუქციის მიხედვით არჩევენ ორი ტიპის ოკულარს: ჰიუგენსის და რამსდენის. თვითეული მათგანი შეიძლება იყოს

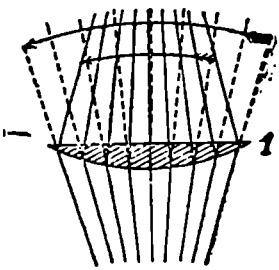
მარტივი ან რთული. მარტივი ოკულარი შედგება ორი ბრტყელ-ამოზნექილი ლინზისაგან (თვალის ლინზა და შემკრები ლინზა). რთული ოკულარი, გარდა თვალის და შემკრები ლინზებისა, შეიცავს კიდევ ერთ ან ორ საკორექციო ლინზას. საკორექციო ლინზები მიწებებულია ან თვალის ლინზაზე (ჰიუგენსის ტიპის ოკულარი) ან შემკრებ ლინზაზე (რამსდენის ტიპის ოკულარი).




სურ. 6. ა—ჰიუგენსის ტიპის ოკულარი; ბ—რამსდენის ტიპის ოკულარი.

ჰიუგენსის ოკულარში თვალისა და შემკრები ლინზის ამოზნექილი ზედაპირები მიმართულია ობიექტისაკენ, რამსდენის ოკულარში კი ერთმანეთის მოპირდაპირედ. ლინზების განლაგებაც ამ ოკულარებში განსხვავებულია (სურ. 6).

განსხვავებული კონსტრუქციის მიხედვით ჰიუგენსისა და რამსდენის ოკულარებს სხვადასხვა გამოყენებაც აქვთ. რამსდენის ოკულარს ძირითადად ხმარობენ ობიექტის ზუსტი გაზომვისათვის. მიკროსკოპულ დაკვირვებისათვის უფრო გავრცელებულია ჰიუგენსის ოკულარი.




სურ. 7. შემკრებ ლინზაში სხივების გარდატეხისა და გამოსახულების გასწორების სქემა. 1—შემკრები ლინზა.

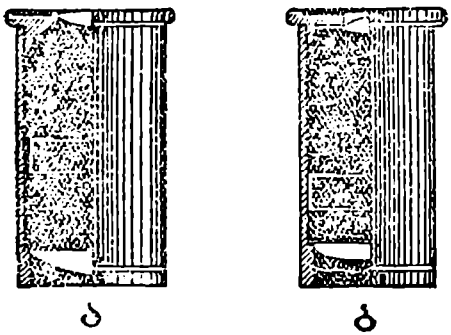
ჰიუგენსის ოკულარი შესდგება ერთმანეთს შორის გარკვეულ მანძილზე განლაგებული ორი ბრტყელამოზნექილ ლინზისაგან. ეს ლინზები სხვადასხვა დიამეტრისაა და მათ სხვადასხვა ფოკუსური მანძილი აქვთ. ლინზების ამოზნექილი ზედაპირი მიმართულია ობიექტივის მხარისაკენ. ლინზებს შორის მდებარეობს დიაფრაგმა, რომელიც საზღვრავს ხედვის ველს (ე. წ. ხედვის ველის დიაფრაგმა). ლინზები ოკულარში მეტალურ რგოლშია ჩასმული და მიხრახნილია მეტალური მილის ბოლოებზე. თვალის ლინზა უფრო მცირე დიამეტრისაა და ადიდებს ობიექტივის მიერ მოცემულ გამოსახულებას. შემკრები ლინზა, ანუ კოლექტივი კი ასრულებს რამდენიმე ფუნქციას (სურ. 7):

1. ამჭიდროვებს სინათლის სხივების კონას იმდენად, რომ გამოსახულება, რომელსაც ობიექტივი იძლევა, ოკულარის დიაფრაგმის ხვრელში თავსდება.

2. ობიექტივიდან გამოსულ სინათლის სხივებს კრეფს იმგვარად, რომ ყველა ისინი ხვდება თვალის ლინზაში. შემკრები ლინზის მიერ მოცემული გამოსახულება ერთდროულად თავსდება დიაფრაგმის სიბრტყესა და თვალის ლინზის ფოკუსში.

3. ასწორებს რამდენიმედ ობიექტივის მიერ მოცემულ მრუდე გამოსახულებას.

თვალის ლინზა შემკრებ ლინზასთან შედარებით ყოველთვის უფრო ძლიერია. მისი ფოკუსური მანძილი შემკრები ლინზის ფოკუსურ მანძილთან შედარებით ორჯერ უფრო მცირეა. მანძილი, რომლითაც ლინზები დაცილებულია ერთმანეთისაგან, უდრის მათი ფოკუსური მანძილების ჯამის ნახევარს. მაშასადამე, საერთო ფოკუსური მანძილი შეიძლება გამორკვეული იქნას ოკულარის სიგრძის გაზომვის საშუალებით. ოკულარის გადიდების მომატებასთან ერთად თანაბარზომიერად მცირდება მისი ლინზების ფოკუსური მანძილიც და, მაშასადამე, ოკულარის სიგრძეც. ამგვარად, უფრო გრძელი ოკულარი იქნება უფრო მცირე გადიდების, უფრო მოკლე ოკულარი კი—დიდი გადიდების.




სურ. 8. ჰიუგენსის ოკულარი (ა), კომპენსაციური ოკულარი (ბ).

ოკულარების ნუმერაცია საბჭოთა მიკროსკოპებში დაკავშირებულია ივ გადიდებასთან, რომელსაც ისინი იძლევიან. არსებობს ოკულარები, რომლებიც ადიდებენ: 5×, 7×, 10×, 15×, 25× და სხვა.

კომპენსაციური ოკულარი (სურ. 8, ბ) მოწყობილია ან ჰიუგენსის ოკულარის ტიპის მიხედვით (სუსტი გადიდების ოკულარები) ან რამსდენის ოკულარის ტიპის მიხედვით (დიდი გადიდების ოკულარები). ჰიუგენსის ოკულარისაგან განსხვავებით კომპენსაციურ ოკულარს რთული ლინზები აქვს.

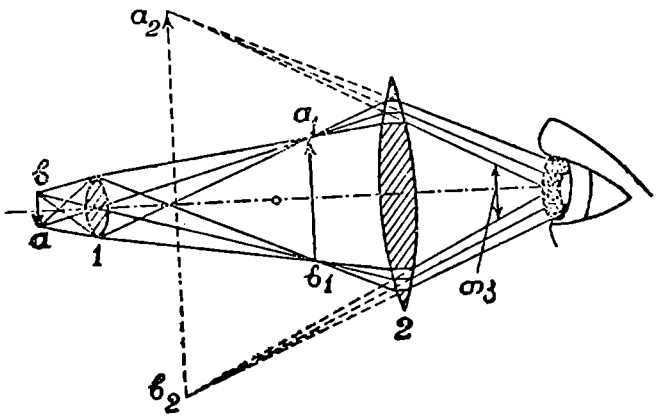
კომპენსაციურმა ოკულარმა თავისი სახელწოდება მიიღო იმის გამო, რომ იგი ასწორებს (ანუ კომპენსაციას ახდენს) იმ ოპტიკურ ნაკლს, რომელიც გააჩნია აპოქრომატს. მიუხედავად იმისა, რომ აპოქრომატი მაღალი ოპტიკური ღირსების ობიექტივია, მას მაინც თან ახლავს ზოგი დეფექტი: ჩვეულებრივად მის მიერ მოცემულ გამოსახულებაში ჭარბობს ლურჯი ფერი, რის გამოც ხედვის ველის ნაპირი ყოველთვის შეღებილია ლურჯ ფერში. თუ ჩვენ ოკულარში ლინზების განსაზღვრულ განლაგებას დავიცავთ და წითელი ფერის გამოვლინებას მივცემთ უპირატესობას, იმავე ხარისხით რა ხარისხითაც ობიექტივში ჭარბობს ლურჯი გამოსახულება, მაშინ თავისთავად ცხადია, ასეთი ობიექტივისა და ოკულარის შეწყვილება მოგვცემს ყოველგვარი შეფერადების მოსპობას. ოკულარის მიერ წითელ ფერში მოცემული გამოსახულება დაფარავს ობიექტივში მოცემული გამოსახულების ლურჯი ფერის ნარჩენს. ამის შედეგად მიიღება უფერული ხედვის ველი. კომპენსაციურ ოკულარის ჩარჩოზე გადიდების გარდა აღნიშნულია ასო $K$, რაც ნიშნავს კომპენსაციურს. კომპენსაციური ოკულარი იხმარება მხოლოდ აპოქრომატულ ობიექტივთან ერთად. არსებობს კიდევ სხვა რთული კონსტრუქციის სპეციალური დანიშნულების ოკულარები: პროექციული, ორტოსკოპული, პერიპლანი და სხვა.

**სტერეოსკოპული ოკულარი.** ჩვეულებრივად თითო ოკულარით და ობიექტივით სარგებლობის დროს მიკროსკოპში ჩვენ ისეთ გამოსახულებას ვღებულობთ, რომლის პერსპექტივა და სიღრმის სიმკვეთრე მეტად მცირე ხარისხით არის გამოხატული. გამოსახულების პლასტიურობის მისაღწევად კონსტრუირებული იყო ბინოკულარული მიკროსკოპი. წინათ ისეთი ბინოკულარული მიკროსკოპები იხმარებოდა, რომლებსაც ჰქონდათ ორი ობიექტივი და ორი ოკულარი. ასეთი ბინოკულარული მიკროსკოპის საშუალებით შესაძლებელი იყო საგნის გადიდება 200-დე. ეხლა უკვე კონსტრუირებულია ერთი ობიექტივისა და ორი ოკულარის მქონე ბინოკულარული მიკროსკოპები. ასეთ მიკროსკოპებში ობიექტივსა და ოკულარს შორის მოთავსებულია პრიზმების სისტემა. გარდა ამისა ოკულარები შეიძლება გადანაცვლებულ იქნეს ურთიერთის მიმართ დამკვირვებლის თვალებს შორის მანძილის მიხედვით. ორივე თვალით ერთდროულად დაკვირვებისას ასეთი მიკროსკოპით შეიძლება დავინახოთ ძლიერ გადიდებული ობიექტის სტერეოსკოპული სურათი. ბინოკულარული მიკროსკოპით სარგებლობისას შეიძლება იმერსიული ობიექტივის გამოყენებაც.

გარდა ამისა, არსებობს ე. წ. სტერეოსკოპული ოკულარი, რომელიც შეიძლება ჩვეულებრივი ოკულარის ნაცვლად ჩაიდგას ყოველგვარი მიკროსკოპის ტუბუსში და ამგვარად მონოკულარული მიკროსკოპი გარდაიქმნება ბინოკულარულ მიკროსკოპად. სტერეოსკოპული ოკულარი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აგრეთვე, როგორც სტერეოსკოპული ბინოკულარული ლუპა.

## მიკროსკოპის ოპტიკური სქემა

მიკროსკოპში გამოსახულების მისაღებად უკვე მეთექვსმეტე საუკუნიდან გამოყენებულია ორი გამადიდებელი ლინზის კომბინაცია. ამ ოპტიკური სქემის თანახმად (სურ. 9) საგანს (*ab*) ადიდებს




**სურ. 9.** ორი დადებითი ლინზის კომბინაციით გამოსახულების მიღების ოპტიკური სქემა;ab—გასადიდებელი საგანი; ერთი დადებითი ლინზის (1) მიერ გადიდებული საგნის ნამდვილი და შებრუნებული გამოსახულება, $a_1b_1$, რომელიც მეორე დადებითი ლინზის (2) მიერ კიდევ უფრო დიდდება; $a_2b_2$,მეორე დადებითი ლინზის (2) მიერ გადიდებული საგნის მოჩვენებითი და პირდაპირი გამოსახულება.

ერთი დადებითი ლინზა (1). იგი იძლევა შებრუნებულ და ნამდვილ ($a_1b_1$) გამოსახულებას. მეორე დადებითი ლინზა (2) კი ადიდებს უკვე ერთხელ მიღებულ საგნის გამოსახულებას. იგი იძლევა პირდაპირ და მოჩვენებით გამოსახულებას ($a_2b_2$).

თანამედროვე მიკროსკოპში სხივების სვლის გზაზე ჩართულია მესამე ლინზა ე. წ. შემკრები ლინზა, რომელსაც განსაკუთ-

რებული ფუნქციები აქვს (გვ. 11). იგი თავის მხრივ გარდატეხს სხივებს და მათ სვლას ზუსტად მიზანდასახულ მიმართულებას აძლევს.

დასახელებული დიოპტიკული სქემა. დიდი ხანია, რაც შემუშავდა. ვინ შექმნა პირველად ეს სქემა—არ არის ცნობილი. მხოლოდ აღსანიშნავია, რომ ორი ლინზის კომბინაციით წვრილი საგნების განხილვა, როგორც აღნიშნავენ, მოხსენებულია უკვე 1538 წელს იტალიელი ექიმის ფრაკასტროს შრომაში.

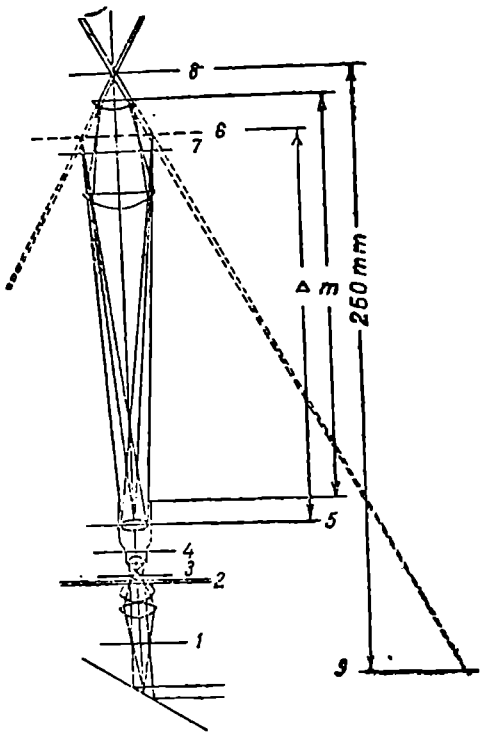
ასეთი სქემა გამოყენებულია ზ. იანსენის მიკროსკოპში მეთექვსმეტე საუკუნის ბოლოს. იანსენის მიკროსკოპის ობიექტივი შეიცავდა ამოზნექილ, ხოლო ოკულარი — ჩაზნექილ ლინზას.

ოკულარის ჩაზნექილი ლინზა 1646 წელს ფონტანამ შეცვალა ამოზნექილი ლინზით, ხოლო მე-19 საუკუნის დასაწყისში მარცოლის მიერ უკვე შემოღებულ იქნა ბრტყელ-ამოზნექილი ლინზები, როგორც ეს დღეს არის მიკროსკოპში გამართული.

## სხივების სვლა მიკროსკოპში

სინათლის სხივების სვლა მიკროსკოპში სქემატურად მოცემულია სურათზე (სურ. 10). სხივების ორი კონა რომელიმე ნათელი ზედაპირიდან, მაგ., ღრუბლიდან, მოდის პარალელურად და აირეკლება მიკროსკოპის ბრტყელი სარკის მიერ, გაივლის დიაფრაგმის ხვრელს და ხვდება ორ ლინზიან კონდენსორში. უკანასკნელის ლინზებში გარდატეხის შემდეგ ეს სხივები ქმნიან ძლიერ დიდი კუთხის მქონე ორ კონუსს. ამ კონუსების წვეროები მდებარეობენ გამოსაკვლევი პრეპარატის დონეზე (3). სხივები გაივლიან პრეპარატში, შეაღწევენ ობიექტივში და გადატყდებიან მისი ლინზების სისტემაში. ობიექტივიდან გამოსვლის შემდეგ მათ უნდა მოეცათ გადიდებული, შებრუნებული და ნამდვილი გამოსახულება ოკულარის წინა ფოკუსის სიბრტყეში (6), მაგრამ ისინი თავის გზაზე ხვდებიან და გაივლიან ოკულარის ქვემო ლინზას ე. წ. კოლექტივს, ვადატყდებიან მასში და ამგვარად საგნის შებრუნებული, გადიდებული და ნამდვილი გამოსახულება მოთავსდება არა ოკულარის წინა ფოკუსის სიბრტყეში (6), არამედ უფრო ქვემოთ, სიბრტყეში, რომელიც ჩვენს სურათზე აღნიშნულია ციფრ 7-ით. ამ ადგილზე, მოთავსებულია ოკულარის დიაფრაგმა, ანუ ხედვის ველის დიაფრაგმა, რომელიც მკვეთრად განსაზღვრავს ხედვის ველს. თუ ჩვენ ოკულარს მოვხსნით თვალის ლინზას და დიაფრაგმაზე მოვათავსებთ მქრქალ მინას, ან პერგამენტის ქალალდს ფურცელს, მაშინ შეიძლება დავინახოთ ობიექტის ნამდვილი, გადიდებული და შებრუნებული გამოსახულება.

ეს ნამდვილი გამოსახულება თვალის მიერ განიხილება ოკულარის თვალის ლინზის საშუალებით, რომელიც ამ შემთხვევაში ლუპის როლს ასრულებს და იძლევა მოჩვენებით, გადიდებულ და შებრუნებულ გამოსახულებას სიბრტყეში, რომელიც სურათზე აღნიშნულია ციფრ 9-ით. მიღებულია, რომ გამოსახულების პროექცია იმავე მანძილზე თავსდება, რომელზეც ნორმალური ხედვის მქონე პიროვნება მოათავსებდა საგანს მისი ყურადღებით განხილვის დროს, სახელდობრ საუკეთესო ხედვის მანძილზე, რომელიც უდრის 250 მმ.




სურ. 10. სხივების სვლა მიკროსკოპში, 1—მიკროსკოპის მთელი სისტემის შესავალი ხვრელი, 2—ობიექტის სიბრტყე, 3—ობიექტივის წინა ფოკუსის სიბრტყე, 4—მისი მთავარი სიბრტყე, 5—ობიექტივის უკანა ფოკუსის სიბრტყე, 6—ოკულარის წინა ფოკუსის სიბრტყე, 7—ნამდვილი გამოსახულების ფორმირების სიბრტყე, 8—მიკროსკოპის მთელი სისტემის გამოსავალი ხვრელი, 9—თვალის ლინზის მიერ მოცემული მოჩვენებითი გამოსახულების სიბრტყე. Δ—ოპტიკური ინტერვალი ანუ ტუბუსის ოპტიკური სიგრძე, m—ტუბუსის მექანიკური სიგრძე. 250 mm—მანძილი მიკროსკოპის გამოსავალი ხვრელიდან მოჩვენებითი გამოსახულების სიბრტყემდე.

მაშასადამე, ობიექტივი ადიდებს საგანს, ოკულარი კი მხოლოდ მის გამოსახულებას, ე. ი. ოკულარი საგნის აგებულებაში ახალ დეტალებს არ იძლევა.

ობიექტივის წინა ფოკუსი — მდებარეობს განსახილველი საგნის სიბრტყეში (სურ. 10, 3).

ობიექტივის უკანა ფოკუსი — ციფრ 5-ით აღნიშნულ სიბრტყეში (5).

ოკულარის წინა ფოკუსი მდებარეობს ციფრ 6-ით აღნიშნულ სიბრტყეში, სადაც შემკრები ლინზის გარეშე მიიღება გამოსახულება.

ოკულარის უკანა ფოკუსი — ციფრ 8-ით აღნიშნულ სიბრტყეში.

ტუბუსის მექანიკური სიგრძე ეწოდება მანძილს ოკულარის თვალის ლინზის ზედაპირიდან ობიექტივის მისამაგრებელ ხრახნამდე (*m*).

ტუბუსის ოპტიკური სიგრძე ანუ ოპტიკური ინტერვალი ეწოდება მანძილს ობიექტივის უკანა ფოკუსსა და ოკულარის წინა ფოკუსს შორის (Δ).

## მიკროსკოპის ხარისხის განსაზღვრა

მიკროსკოპის ხარისხი დამოკიდებულია სამ მთავარ მაჩვენებელზე:

I. მიკროსკოპის გამადიდებლობაზე,

II. მიკროსკოპში სხივების შეერთების გეომეტრიულ სიზუსტეზე (ამ სიზუსტეზეა დამოკიდებული განსახილველი საგნის მკვეთრი და ზუსტი კონტურის მიღება),

III. მიკროსკოპის გადაწყვეტ (გარჩევის) უნარზე ანუ მიკროსკოპის უნარზე მოგვცეს გამოსაკვლევ ობიექტის აგებულების დეტალები.

## I. მიკროსკოპის გამადიდებლობა

**1. ლუპის გამადიდებლობა.** იმისათვის, რომ ერთი დადებითი ლინზის მიერ მოცემული გამოსახულება მკაფიოდ დაინახოს თვალმა, საჭიროა მანძილი თვალსა და გამოსახულებას შორის უდრიდეს დაახლოებით 250 მმ, ე. ი. გამოსახულება უნდა მოთავსებულ იქნას საუკეთესო ხედვის მანძილზე.

გამადიდებლობა, რომელსაც მოცემული ლინზა იძლევა, დამოკიდებულია მის ფოკუსურ მანძილზე. იგი შეიძლება განისაზღვროს, თუ დამკვირვებლის საუკეთესო ხედვის მანძილს გავყოფთ ლინზის ფოკუსურ მანძილზე, ამავე დროს ორივე სიდიდე მოცემული უნდა იყოს მილიმეტრებში. თავის მხრივ ფოკუსური მანძილი დამოკიდებულია ლინზის სიმრუდის რადიუსზე და იმ მინის სხივტეხის კოეფიციენტზე, რომლისგანაც დამზადებულია მოცემული

ლინზა. მაშასადამე, რაც უფრო მცირეა ლინზის ფოკუსური მანძილი, მით უფრო მეტად იქნება გამოსახულება გადიდებული.

ზემოაღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ერთი დადებითი ლინზის ანუ ლუპის გამოყენებით შესაძლებელია უდიდესი გადიდების მიღება, ამისათვის საჭირო იქნება გამოვიყენოთ მხოლოდ მცირე ფოკუსური მანძილის მქონე ლინზები. მაგ., 250-ჯერ გადიდება შეიძლება მიღებულ იქნეს ისეთი ორმხრივ-ამოზნექილი ლინზით, რომლის ფოკუსური მანძილი უდრის 1 მმ.

პრაქტიკულად ამის მიღწევა შეუძლებელია, ვინაიდან

1. ამგვარი მცირე ზომის ლინზები მეტად ძნელი დასამზადებელია.

2. სინათლე, რომელსაც ისინი გაატარებენ, საკმარისი არ იქნება.

3. მანძილი საგანსა და თვალს შორის მეტისმეტად მცირეა და ბოლოს

4. ასეთ ლინზებს ექნებოდათ იმდენად ძლიერად გამოხატული სფერული და ქრომატული აბერაცია, რომ მათი გამოყენება პრაქტიკულად შეუძლებელი იქნებოდა (აბერაცია იხ. გვ. 20—23).

პრაქტიკულად ერთი ლინზის გამოყენების შემთხვევაში არასოდეს არ არის მიზანშეწონილი ისეთი ლინზის ხმარება, რომლის ფოკუსური მანძილი 10 მმ-ზე ნაკლებია. ასეთი ლინზის საშუალებით კი, არ შეიძლება მივიღოთ 25-ჯერ უფრო მეტი გადიდება. ასეთია ერთი გამადიდებელი ლინზიანი მარტივი მიკროსკოპის ანუ ლუპის გადიდების ფარგლები.

**2. მიკროსკოპის გამადიდებლობა.** როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მიკროსკოპის მიერ მოცემული გადიდება დამოკიდებულია ობიექტივისა და ოკულარის გამადიდებლობაზე. ობიექტივების დიდი უმეტესობა იმგვარად არის კონსტრუირებული, რომ საუკეთესო გამოსახულება მიიღება, როდესაც ტუბუსის მექანიკური სიგრძე უდრის დაახლოებით 160 მმ; ამგვარადვე თითქმის ყველა ოკულარი იძლევა გამოსახულებას საუკეთესო ხედვის მანძილზე, ე. ი. 250 მმ-ზე. მაშასადამე, მიკროსკოპის მთლიანი გამადიდებლობა განისაზღვრება ფორმულით $\text{მგ} = \frac{160}{\text{ობ. ფ.}} \times \frac{250}{\text{ოკ. ფ.}}$, სადაც ობ. ფ. არის ობიექტივის ფოკუსური მანძილი, ოკ. ფ.—ოკულარის ფოკუსური მანძილი.

მაგ., 4 მმ-ის ფოკუსური მანძილის ობიექტივი მოგვცემს გადიდებას $\frac{160}{4} = 40$,

ოკულარი 25 მმ ფოკუსური მანძილით კი მოგვცემს გადიდებას $\frac{250}{25}=10$.

ამრიგად, 40-ჯერ გამადიდებელი ობიექტივის და 10-ჯერ გამადიდებელი ოკულარის გამოყენების დროს განსახილველი საგნის გადიდება შეადგენს: $40\times10=400$.

მიკროსკოპის ობიექტივების დათვალიერების დროს ჩანს, რომ წინა ანუ ფრონტალური ლინზის დიამეტრი მცირდება ფოკუსური მანძილის შემცირებასთან ერთად.

თეორიულად, რომ წარმოვიდგინოთ ობიექტივი ყველაზე მცირე ფოკუსური მანძილით, მისი წინა ლინზა იმდენად პატარა იქნებოდა და მასში სხივების იმდენად მცირე რაოდენობა მოხვდებოდა, რომ საკმარისი არ იქნებოდა ხედვის ველის გასაშუქებლად, ე. ი. გამოსახულება იმდენად მცირედ იქნებოდა განათებული, რომ ასეთი ობიექტივის გამოყენება პრაქტიკულად შეუძლებელი გახდებოდა. ყველაზე ძლიერი ობიექტივი, რომელსაც ამჟამად პრაქტიკულად ხმარობენ, ადიდებს საგანს 120-ჯერ. ასეთი ობიექტივი 25-ჯერ გამადიდებელ ოკულართან კომბინაციაში გაადიდებს საგანს 3000-ჯერ, მაგრამ ოკულარის მიერ მოცემული გადიდება, როგორც უკვე იყო აღნიშნული, ახალ დეტალებს არ იძლევა, გარდა იმისა, რაც უკვე მოცემულია ობიექტივის მიერ. ამიტომ, რაც უფრო ძლიერი იქნება ოკულარი, მით უფრო მკაფიოდ შესამჩნევი გახდება ობიექტივის მიერ მოცემული არაზუსტი სურათი. ამიტომ ძალიან ძლიერი ოკულარების ხმარების დროს ყოველთვის მიიღება ერთგვარად გაურკვეველი სურათი, ხედვის ველის გაშუქებაც პროპორციულად ძლიერ კლებულობს. ერთი სიტყვით, ამ შემთხვევაში ჩვენ ვაწყდებით ისეთ ზღვარს, რომლის გადალახვა შეუძლებელია. პრაქტიკულად მიზანშეწონილია დავკმაყოფილდეთ 7-ჯერ ან 10-ჯერ გამადიდებელი ოკულარებით. ამგვარად, მიკროსკოპის „სასარგებლო“ გამადიდებლობა უდრის „დაახლოებით ათასს. (ობ. 90×ოკ. 10×; ობ. 100×ოკ. 10×; ობ. 120×ოკ. 7× ან 10×)[1].

ასეთივე შედეგს ვაღწევთ ჩვენ სხვა გზითაც. ცნობილია, რომ ადამიანის თვალი საუკეთესო ხედვის მანძილზე (მანძილზე, რომელზედაც ვათვალიერებთ გამოსახულებას მიკროსკოპში) მკაფიოდ

---

[1] პრაქტიკულად ძლიერი ოკულარების (მაგ., 15—25-ჯერ გამადიდებელი) გამოყენება მიზანშეწონილია მცირედ გამადიდებელ ობიექტივებთან კომბინაციაში.

არჩევს დეტალებს 2' კუთხის ქვეშ, მაშასადამე, 0,16—0.2 მიკრონის სიდიდის საგნის (მიკროსკოპის გადამწყვეტი გარჩევის უნარის მაქსიმალური ოდენობა) მიმართ 2'-ის კუთხე რომ შეიქმნას ნორმალური ხედვის მანძილზე, საჭირო იქნება საგნის გადიდება დაახლოებით ათასჯერ. ასეთია მიკროსკოპის მიერ მოცემული „სასარგებლო" გადიდების საზღვარი. უფრო მეტჯერ გადიდება მოგვცემს მხოლოდ გამოსახულების კონტურების გაფართოებას, მაგრამ ახალი დეტალების მიმატება, რომელიც არ ჩანს მიკროსკოპის „სასარგებლო" გადიდების დროს, მას არ შეუძლია.

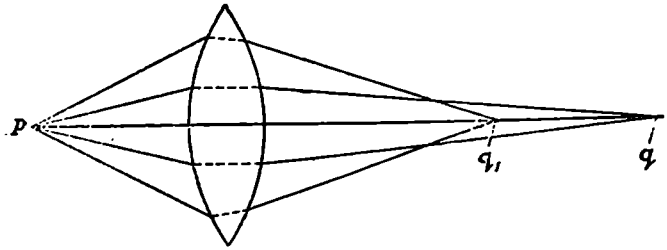
## II. მიკროსკოპში სხივების შეერთების გეომეტრიული სიზუსტე

ეს სიზუსტე დამოკიდებულია ე. წ. სფერული და ქრომატული აბერაციების აცილებაზე. როგორც უკვე იყო ნათქვამი, მიკროსკოპის გამადიდებლობა დაკავშირებულია ობიექტივის ფოკუსური მანძილის შემცირებაზე, ე. ი. მცირე ფოკუსური მანძილის ლინზების დამზადებაზე, მაგრამ ამ მიმართულებით წინ გვეღობება სერიოზული სიძნელე. ლინზები ამეღავნებენ აბერაციებს ანუ სინათლის გაფანტვას. აბერაცია კი თავს იჩენს მით უფრო ძლიერად, რაც უფრო დიდია ლინზების სიმრუდე. გარდა ამისა რომელიმე ლინზის ფოკუსური მანძილი დამოკიდებულია არა მარტო მისი ზედაპირის სიმრუდეზე, არამედ აგრეთვე იმ მინის სხივტეხის კოეფიციენტზე, რომლისაგანაც ის დამზადებულია; ამიტომ სხვადასხვა ხარისხის მინისაგან დამზადებულ ორ ლინზას შეიძლება ჰქონდეს ერთი და იგივე ფოკუსური მანძილი, მაგრამ, ამავე დროს სხვადასხვა ხარისხის სფერული აბერაცია.

**სფერული აბერაცია** ეწოდება ლინზების მიერ ბუნდოვანი გამოსახულების მოცემის თვისებას, რაც გამოწვეულია ოპტიკური ღერძის მიმართ უახლოესი და დაშორებული სხივების სხვადასხვა კუთხით გარდატეხისა და სხვადასხვა სიბრტყეში შეერთების შედეგად. ოპტიკურ ღერძთან მხოლოდ უახლოესი სხივები იკრიბება ერთ წერტილში—ფოკუსში. პერიფერიული სხივები კი მათ ოპტიკურ ღერძიდან დაშორების მიხედვით, იკრიბება ლინზასთან სულ უფრო და უფრო ახლო.

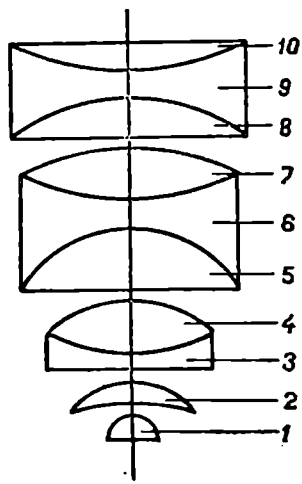
წარმოვიდგინოთ, რომ ჩვენ ლინზაში ვათვალიერებთ მის ოპტიკურ ღერძზე მდებარე საგნის *p* წერტილს (სურ. 11). ამ წერტილიდან სხივები გამოდის ყველა მიმართულებით, მაგრამ ის სხივები, რომელნიც გაივლიან ლინზის ცენტრის მახლობლად, ერთ სიბრტყეში იკრიბება (*q*), პერიფერიული სხივები კი გადატყდება რა

უფრო ძლიერად, იკრიბება სხვა სიბრტყეში ($q_1$) — ცენტრალურ სხივებთან შედარებით ლინზასთან უფრო ახლო. ამის შედეგად წერტილ $p$-ს გამოსახულება წარმოგვიდგება ბუნდოვანი წრის სახით.




სურ. 11. განმარტება მოცემულია ტექსტში.

სფერული აბერაციის თავიდან ასაცილებლად, ოპტიკოსი ადგენს სხვადასხვა სხივტეხის კოეფიციენტისა და სიმრუდის ლინზების კომბინაციას და სათანადოდ შერჩეულ ადგილზე ალაგებს მათ (სურ. 12). თუ ავიღებთ ჩვეულებრივ და ტყვიანარევ მინის ლინზებს, რომელთაგან ერთი იქნება ამოზნექილი, მეორე კი შეზნექილი, მაშინ მათ შეიძლება ერთი და იგივე, მაგრამ საწინააღმდეგო მიმართულების სფერული აბერაცია ახასიათებდეთ. ოპტიკურად ნაკლებად მკვრივი მინისაგან დამზადებული, ე. ი. უფრო მცირე გარდატეხის კოეფიციენტის მქონე ამოზნექილი ლინზა სხივს უფრო მცირედ გადახრის, უფრო მეტი გარდატეხის უნარის ამოზნექილი მინა კი, პირიქით,— უფრო მეტად. თუ ბრტყელი ჩაზნექილი მინის სინათლის გამფანტველი უნარი ორჯერ უფრო დიდია, ვიდრე ორმხრივ ამოზნექილისა, მაშინ, ცხადია, რომ ორი ასეთი ლინზის შეერთების შედეგად სფერული აბერაცია მოისპობა, რადგან მთელ სისტემაში

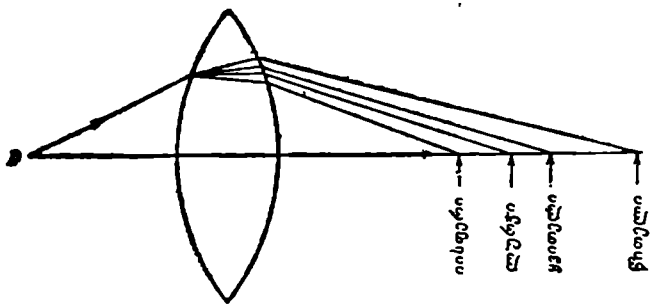



სურ. 12. ათლინზიანი ობიექტივის სქემა.

გარდატეხის შემდეგ ყველა სხივი ერთ წერტილში იკრიბება. ლინზების ასეთ სისტემებს აპლანატებს უწოდებენ. აპლანატებში აბერაცია აცილებულია მხოლოდ ნაწილობრივ.

ქ რ ო მ ა ტ უ ლ ი  ა ბ ე რ ა ც ი ა ეწოდება ლინზების მიერ ფერადი გამოსახულების მოცემის თვისებას, რაც ხდება სინათლის სხივის შემადგენელ ნაწილებზე დაშლისა და ამ ნაწილების სხვადასხვა კუთხით გარდატეხის შედეგად (სურ. 13).

ერთი წერტილიდან (*p*) გამოსული უფერო სხივი ორმხრივ-ამოზნექილ ლინზაში (რომელიც შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ორი პრიზმა ფუძეებით ერთმანეთთან შეერთებული) იშლება თავის შემადგენელ ფერებად (მაგ., იისფერი, ლურჯი, ყვითელი,




სურ. 13. განმარტება მოცემულია ტექსტში.

წითელი), რომლებიც ლინზიდან გამოსვლის შემდეგ იკრიბებიან სხვადასხვა ცენტრებში. ვინაიდან წითელი სხივები უფრო სუსტად გადატყდებიან, ვიდრე ლურჯი, ამიტომ ისინი ერთდებიან ლინზიდან უფრო დაშორებით, ვიდრე უკანასკნელნი. ამის გამო გამოსახულებას ეძლევა ისეთი შეფერადება, რომელიც მას სინამდვილეში არა აქვს.

სხვადასხვა ქიმიური შედგენილობის მინებს სხვადასხვა ფერისათვის სხვადასხვანაირი გარდატეხის უნარი ახასიათებს. ისევე როგორც სფერული აბერაციის თავიდან ასაცილებლად, ლინზების შერჩევით და კომბინაციით შესაძლებელია ობიექტივის კორექცია ფერების მიმართაც.

აბერაცია ზღუდავს ლინზების სასარგებლო გამადიდებლობას, გამოსახულება არ არის მკაფიო, მისი კონტურები ბუნდოვანია და გარშემოვლებული აქვს სპექტრის ფერებში შეღებილი ზოლები.

სხივების შეერთების გეომეტრიული სიზუსტე, პირიქით, ოპტიკურ სისტემას საშუალებას აძლევს მოგვცეს ფორმისა და საგნის

გარეგანი მოყვანილობის მკაფიო რეპროდუქცია. იგი უკუპროპორციულია სფერული და ქრომატული აბერაციის მიმართ, ე. ი, რაც უფრო მცირე ხარისხით არის წარმოდგენილი სფერული და ქრომატული აბერაცია, მით უფრო მკაფიოდ გადმოგვცემს ობიექტივი განსახილველ საგნის კონტურებს.

ამჟამად ხმარებულ ჩვეულებრივ აქრომატებში სფერული და ქრომატული აბერაცია თავიდან აცილებულია მხოლოდ ნაწილობრივ. უფრო მაღალი ხარისხის ობიექტივებში—აპოქრომატებში კი სფერული და ქრომატული აბერაცია თავიდან აცილებულია თითქმის სავსებით.

## III. მიკროსკოპის გარჩევის უნარი

მიკროსკოპის გამადიდებლობა, რამდენადაც იგი დამოკიდებულია ობიექტივისა და ოკულარის ფოკუსურ მანძილზე და სფერულ და აქრომატულ აბერაციის აცილებაზე, სრულიადაც ვერ განსაზღვრავს მიკროსკოპის გადამწყვეტ უნარს. როგორც აღნიშნული იყო, უკანასკნელი უმთავრესად დამოკიდებულია ობიექტივის რიცხვითი აპერტურაზე და სინათლის სხივის ტალღის სიგრძეზე.

**დიფრაქციული მოვლენები მიკროსკოპში გამოსახულების მიღების დროს,** თუ ობიექტივში მიმავალი სინათლის სხივები თავიანთ გზაზე ხვდებიან მიკროსკოპულ საგნებს, მაშინ ადგილი აქვს დიფრაქციულ[1] მოვლენებს. დიფრაქციის შემდეგ სხივები ურთიერთშორის განიცდიან ინტერფერენციას[2]. ინტერფერენციის შედეგად მიკროსკოპში შეიქმნება გამოსახულება. ეს გამოსახულება არის მეორადი.

ძლიერ მცირე ნაწილაკებისაგან შემდგარი, სინათლისათვის გამავალი მიკროსკოპული ობიექტი იძლევა ნათელი და ბნელი ადგილების მორიგეობით შენაცვლებას და ამიტომ იწვევს ისეთ მოქმედებას, რომელიც დიფრაქციული მესერის მოქმედების მსგავსია.

სიმარტივისათვის დავუშვათ, რომ მიკროსკოპულ ობიექტს წარმოადგენს გამჭვირვალე დიფრაქციული მესერი, რომლის ჭვრიტები სურათის სიბრტყისადმი პერპენდიკულარულად არიან განლაგებული (სურ. 14). სურათზე დიფრაქციული მესერი აღნიშნულია $G$—ასოთი.

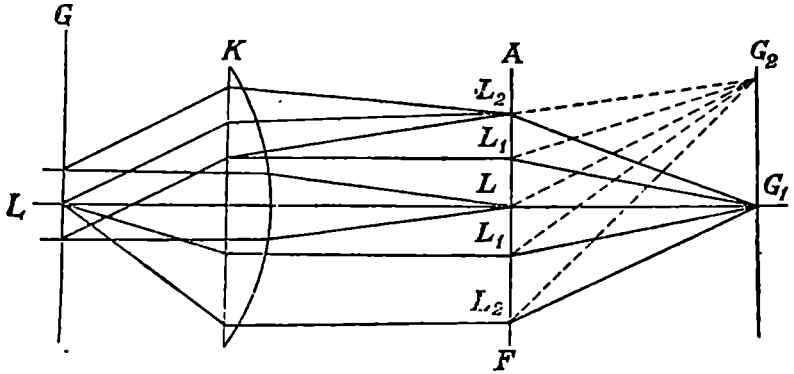
---

[1] დიფრაქცია ეწოდება სინათლის სწორხაზოვანი გავრცელების დარღვევის მოვლენას.

[2] ინტერფერენცია ეწოდება ტალღების შეერთების პრინციპს, როცა მოცემულ არეს ერთ წერტილში წყვილ-წყვილად ერთდება საწინააღმდეგო ფაზების მქონე ტალღები და ეს წერტილი იმყოფება უძრავ მდგომარეობაში.

ეს მესერი G ნათდება სხივების პარალელური $L$ კონებით.

ამ შემთხვევაში $G$-ან გამოდის სხივების პარალელური კონები, რომლებიც $LG_1$ ღერძთან ქმნიან კუთხეებს. ამ კუთხეების სიდიდე დამოკიდებულია სინათლის ტალღის სიგრძეზე. $K$—ობიექტივი ყოველ ასეთ კონას შეკრებს მის მთავარ ფოკუსურ $AF$ სიბრტყეში—წერტილებში $LL_1LL_3$ და ასე შემდეგ. თუ დიფრაქციული მესერის გამაშუქებელი სინათლე თეთრია, მაშინ წერტილ $L$-ში




სურ. 14. განმარტება მოცემულია ტექსტში.

წარმოიშობა თეთრი ზოლი, ხოლო წერტილებში $L_1L_2L_3$ და ასე შემდეგ—დიფრაქციული სპექტრები. წერტილები $L_1L_2L_3$ და სხვა მდებარეობენ ერთმანეთიდან თანაბარ მანძილზე, რომელიც დამოკიდებულია სინათლის ტალღის სიგრძეზე. წერტილები $L_1L_2L_3$ და ასე შემდეგ ანუ დიფრაქციული ზოლები განხილულ უნდა იქნან როგორც სინათლის წყარო იმ სივრცისათვის, რომელიც მდებარეობს ობიექტივის მთავარი ფოკუსური $AF$ სიბრტყის გარეთ. მათემატიკური გაანგარიშებით მტკიცდება, რომ ამ ზოლებმა უნდა გამოიწვიონ იგივე მოვლენები, რასაც იწვევს გამქვირვალე დიფრაქციული მესერი; ასე, რომ ფოკუსურ სიბრტყეში $G_2G_1$ მიიღება ნათელი ზოლების რიგი: $G_1G_2$ და ასე შემდეგ. მათ შორის მანძილი დამოკიდებული არ არის სინათლის ტალღის სიგრძეზე, ამიტომ ისინი უნდა იყოს თეთრი ფერის. ყველა ისინი ერთად იძლევა მესერის გამოსახულებას, რომელიც იგივეა რაც, დიფრაქციული მესერი.

გამოსახულების მსგავსება საგნისადმი მით უფრო მეტია, რაც უფრო მეტი დიფრაქციული სპექტრალური ზოლი წარმოიშობა ფოკუ-

სურ $AF$ სიბრტყეში. ხოლო იმისათვის, რომ რაიმე გამოსახულება იქნეს მიღებული, აუცილებელია, რომ ობიექტივზე ($K$) მოხვდეს, ყოველ შემთხვევაში დიფრაქციული კონების ერთი წყვილი და ამის შესაბამისად AF სიბრტყეში წარმოიშვას სპექტრის ერთი წყვილი მაინც—$L_1$ და $L_2$. ამ შემთხვევაში გამოსახულება იქნება ტლანქი, დეტალებს ნოკლებული.

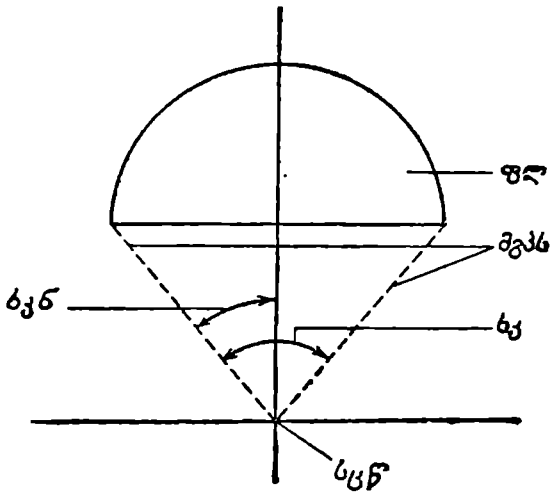
დეტალების წარმოშობის ამ დიფრაქციული თეორიიდან გამომდინარეობს ის დიდი მნიშვნელობა, რომელიც აქვს ობიექტივების მიმართ რიცხვით აპერტურას (იხ. რიცხვითი აპერტურა). რაც უფრო მეტია ობიექტივის რიცხვითი აპერტურა, ნით უფრო მეტი დიფრაქციული სპექტრები წარმოიშობა ობიექტივის ფოკუსურ სიბრტყეში და მით მეტი იქნება გამოსახულების ნსგავსება ობიექტთან შედარებით. ამავე დროს ეს გამოსახულება უფრო ნაკლებად კონტრასტული იქნება. პირიქით, თუ გამოვიყენებთ მცირე აპერტურიან ობიექტივებს, დიფრაქციული სპექტრების რიცხვის შემცირების გამო, გამოსახულება უფრო ტლანქი იქნება და მეტად კონტრასტული და მით უფრო მეტად, რაც უფრო მცირეა ობიექტივის აპერტურა.

**რიცხვითი აპერტურა.** როგორც დავინახეთ დიფრაქციული თეორიის თანახმად, გამოსახულება და სინამდვილესთან შესაბამი მიკროსკოპული ობიექტის უწვრილესი სტრუქტურა ნიიღება ნხოლოდ მაშინ, როდესაც ობიექტივში, გარდა სინათლის სხივის ცენტრალური კონისა, შედის ყოველ შემთხვევაში მასთან უახლოესი გადახრილი კონები. უკანასკნელნი ოკულარის დიაფრაგმის სიბრტყეში (სადაც ობიექტივის ლინზა იძლევა გამოსახულებას) განიცდიან ინტერფერირებას ურთიერთშორის და ცენტრალურ კონასთან და უზრუნველყოფენ უწვრილესი დეტალების გადმოცემას. რაც უფრო მეტი ასეთი სხივი მოხვდება ობიექტივში, მით უმჯობესია, სინამდვილესთან ახლოა და ნაზია გამოსახულებაც. ამაში შეიძლება დავრწმუნდეთ ცდის საშუალებით, თუ მაგ., ობიექტივის ზემოთ მოვათავსებთ დიაფრაგმაკ, რომელიც დააკავებს გადახრილ სხივებს, მაშინ მივიღებთ სრულიად უშინაარსო სურათს, რომელიც გადმოგვცემს მხოლოდ ტლანქ სტრუქტურას უწვრილესი დეტალების გარეშე.

მაშასადამე, ობიექტივის გარჩევის უნარი დამოკიდებულია იმ „ხვრელის კუთხის“ სიდიდეზე, რომელიც წარმოიშობა საგნის ცენტრალურ ნაწილიდან გამოსულ და მომეტებულად გადახრილი პერიფერიული კონებისაგან, რომლებიც შეიძლება კიდევ მოხვდეს ობიექტივში (სურ. 15).

ობიექტივის გაძლიერებას, რომლის მიღწევაც შეიძლება მისი ფოკუსური მანძილის შემცირებით, მხოლოდ მაშინ აქვს მნიშვნელობა, როცა ერთდროულად ხდება ხვრელის კუთხის გადიდებაც; წინააღმდეგ შემთხვევაში მიიღება „ცარიელი“ გადიდება დეტალების გარეშე.

გარდა ამისა, აღმოჩნდა, რომ მიკროსკოპის გადამწყვეტი უნარი დამოკიდებულია არა მხოლოდ ხვრელის კუთხის სიდი-




სურ. 15. ე. წ. ხვრელის კუთხის სქემა; სცწ—საგნის ცენტრალური წერტილი; მგპს—მომეტებულად გადახრილი პერიფერული სხივები; ხკ—ხვრელის კუთხე; ხკნ—ხვრელის კუთხის ნახევარი; ფლ—ფრონტალური ლინზა.

დეზე, არამედ სინათლის კონუსის ინტენსივობაზეც. ერთი და იგივე კუთხის სიდიდის სხივების კონა სხვადასხვა გარდატეხის კოეფიციენტიან გარემოში შეიცავს სხივების სხვადასხვა რაოდენობას. კედარის ზეთში, ასე ვთქვათ, იგი უფრო შემჭიდროვებულია, ვიდრე ჰაერში. თუ ამ ფაქტორსაც მივიღებთ მხედველობაში, მიკროსკოპის აპერტურის განსაზღვრის მათემატიკური გამოსახვა იქნება შემდეგი: $NA = n \cdot \sin \cdot u$; იგი გამოხატავს რიცხვითი აპერტურის ოდენობას, სადაც $NA$ არის რიცხვითი აპერატურა; $n$—სხივტეხის კოეფიციენტი იმ გარემოსი, რომელიც მოთავსებულია ობიექტსა და ობიექტივის ფრონტალურ ლინზას შორის, ხოლო $u$—ხვრელის კუთხის ნახევარი.

ამგვარად, რიცხვითი აპერტურა უდრის გარემოს სხივტეხის კოეფიციენტისა და ხვრელის კუთხის ნახევრის სინუსის ნამრავლს.

წყალ-იმერსიული სისტემის მაქსიმალური აპერტურა უდრის 1,33; ჰომოგენურ სისტემისათვის კი (კედარის ზეთი) უდრის 1,514.

პრაქტიკულ მუშაობაში არსებობს შედარებით იშვიათად ხმარებული იმერსიული ობიექტივები, რომლებშიაც საფარ მინასა და მიკროსკოპის ფრონტალურ ლინზას შორის შუამდებარე გარემოს წარმოადგენს მონობრომნაფტოლი. მონობრომნაფტოლს სხივტეხის კოეფიციენტი უფრო მეტი აქვს, ვიდრე კედარის ზეთს. ამის გამო ასეთი ობიექტივის პრაქტიკულად მისაღწევი რიცხვითი აპერტურა უდრის 1,6. ეს არის ყველაზე დიდი აპერტურა, რომლის მიღწევაც შესაძლებელია.

აპერტურის განსაზღვრისათვის არსებობს განსაკუთრებული ხელსაწყო, რომელსაც ეწოდება ა პ ე რ ტ ო მ ე ტ რ ი.

**მიკროხკოპის გარჩევის უნარის ზღვარი.** როგორც ზემოდ იყო აღნიშნული, ობიექტივის გადამწყვეტი უნარი დამოკიდებულია ობიექტივის რიცხვითი აპერტურაზე და სინათლის ტალღის სიგრძეზე. მიკროსკოპის გადამწყვეტი (გარჩევის) უნარის გასაანგარიშებლად არსებობს შემდეგი ფორმულა:

$$d = \frac{\alpha}{a},$$

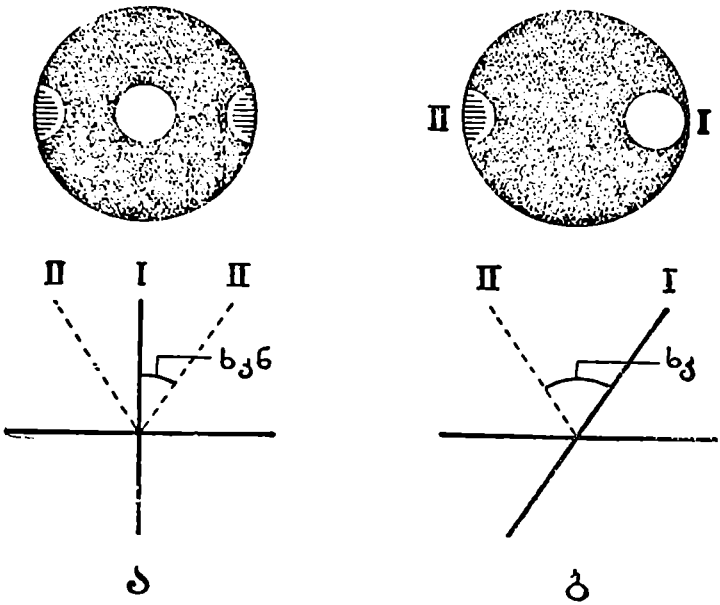
სადაც $d$ არის მიკროსკოპის გადამწყვეტი (გარჩევის) უნარი; $\alpha$-სინათლის ტალღის სიგრძე და $a$—რიცხვითი ანუ ნუმერული აპერტურა.

თუ მოცემულ ფორმულაში ჩავსვამთ სინათლის ტალღის სიგრძეს, რაც სპექტრის ხილულ ნაწილისათვის, როგორც საშუალო, უდრის 0,5 მიკრონს და რიცხვითი აპერტურის მაქსიმალურ სიდიდეს (1,6), მაშინ მიკროსკოპის გადამწყვეტი (გარჩევის) უნარი $\frac{0,5}{1,6} = 0,3$ მიკრონს. ეს ნიშნავს, რომ ასეთ მიკროსკოპში შეიძლება ერთმანეთისაგან გავარჩიოთ ანუ გამოვყოთ ორი ისეთი წერტილი, რომელთა შორის მანძილი უდრის მინიმუმ 0,3 მიკრონს.

ობიექტივის გადამწყვეტი (გარჩევის) უნარი შეიძლება კიდევ იქნეს გადიდებული თითქმის ორჯერ, თუ კი გამოყენებული იქნება ე. წ. გვერდითი გაშუქება.

**გვერდითი გაშუქება.** პრეპარატში პირდაპირ მიმავალი სინათლის კონით გაშუქებისას, აბეს დიფრაქციული თეორიის თანახმად, ნულებრივი მაქსიმუმი თავსდება ობიექტივის ცენტრში, გვერდითი მაქსიმუმები კი მის ნაპირებთან (სურ. 16-ა).

ჩვენ ვიცით, რომ გამოსახულების მისაღებად საჭიროა გვერდითი მაქსიმუმების მინიმალური ნაწილი მაინც. რაც უფრო მეტია გვერდითი მაქსიმუმები, მით უფრო მეტია გამოსახულების მსგავ-




სურ. 16. ხვრელის კუთხის სიდიდის სქემა. ჩვეულებრივი (ა) და გვერდითი გაშუქების დროს (ბ); ხკნ-ხვრელის კუთხის ნახევარი; ხკ—ხვრელის კუთხე.

სება განსახილველ ობიექტთან, ე. ი. გვერდითი მაქსიმუმების რაოდენობა პირდაპირ პროპორციულია მიკროსკოპის გადამწყვეტი უნარისა.

გვერდითი გაშუქების დროს ნულოვანი მაქსიმუმი და გვერდითი მაქსიმუმი იკავებს ობიექტივის ერთმანეთის საწინააღმდეგო ნაპირებს. ამ დროს ობიექტივის ხვრელის კუთხე, რომელიც წარმოიშობა ნულებრივ და გვერდით მაქსიმუმებს შორის (სურ. 16—ბ) ორჯერ უფრო დიდია, ვიდრე პირდაპირი გაშუქების დროს.

ამგვარად, გვერდითი გაშუქების დროს შესაძლებელია დავინახოთ 2-ჯერ უფრო მცირე სიდიდის ნაწილაკები, ვიდრე პირდაპირი გაშუქების დროს.

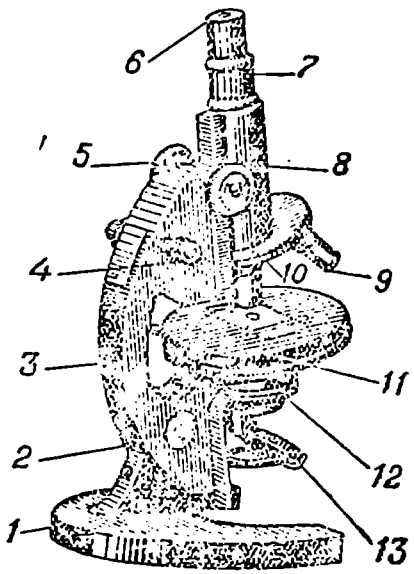
თუ ჩვეულებრივი გაშუქების შედეგად მიკროსკოპის გარჩევის უნარი უდრის 0,3 მიკრონს, გვერდითი გაშუქების შემთხვევაში შესაძლებელია ორჯერ უფრო მცირე ნაწილაკების გარჩევა $\frac{0,3}{2} = 0,15$ მიკრონს.

გვერდითი გაშუქება იხმარება ციტოლოგიურ მიზნებისათვის შეუღებავი ობიექტების უწვრილესი დეტალების გასასინჯად.

## მიკროსკოპის მექანიკური სისტემა

მიკროსკოპის მექანიკური სისტემა უზრუნველყოფს მისი ოპტიკური ნაწილების და გამოსაკვლევი ობიექტის ურთიერთ განლაგებას და გადანაცვლებას.

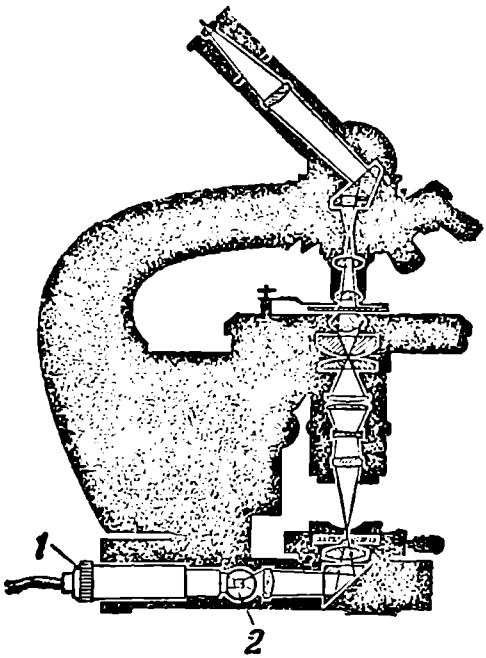
მიკროსკოპის მექანიკურ ნაწილს (სურ. 17) ეკუთვნის: მიკროსკოპის დგამი, ვერტიკალური სვეტი, ტუბუსი, რევოლვერი, სასაგნე მაგიდა პრეპარატის დამჭერებით, მიკრომეტრული ხრახნი და მაკრომეტრული ხრახნი.




სურ. 17. სასტუდენტო მიკროსკოპის (მოდელი—МА) ნაწილები: 1—მიკროსკოპის დგამი, 2—სახსარი, 3—ვერტიკალური სვეტი, 4—მიკრომეტრული ხრახნი, 5—მაკრომეტრული ხრახნი, 6—ოკულარი, 7—ტუბუსის შიგნითა მილი, 8—ტუბუსის გარეთა მილი, 9—ობიექტივი, 10—რევოლვერი, 11—მაგიდა, 12—Abbe-ს გამაშუქებელი აპარატი, 13—სარკე.

საბჭოთა მიკროსკოპების დგამს ნალისმაგვარი ფორმა აქვს. იგი კეთდება მასიური, რომ უზრუნველყოფილი იქნეს მიკროსკოპის მკვიდრი დგომა მაგიდაზე. საბჭოთა მიკროსკოპის МБИ-2 მოდელში მიკროსკოპის დგამში ჩაკეთებულია გამაშუქებელი ნათურის ბუდე (სურ. 18).

ვერტიკალური სვეტი წარმოადგენს ლითონის მოღუნულ ღეროს. იგი იჭერს ტუბუსს და სასაგნე მაგიდას. ახალი მოდელის მიკროსკოპების ვერტიკალურ სვეტში მოთავსებულია მაკრომეტრული და მიკრომეტრული ხრახნების მექანიზმები. ამას გარდა, რთული მიკროსკოპების ვერტიკალური სვეტის ქვემო ნაწილზე მიმაგრებულია მოძრავი გამაშუქებელი აპარატი ამა თუ იმ კონსტრუქციის კრემალიერით.




სურ. 18. ბიოლოგიური მიკროსკოპი (მოდელი МБИ—2) და მასში სხივების სვლის სქემა; 1—ელექტრონათურის მასრა, 2—ელექტრონათურა.

ტუბუსი წარმოადგენს ლითონის მილს, რომლის შიგნითა ზედაპირი შავად არის შეღებილი. რთულ მიკროსკოპში იგი შედგება ერთიმეორეში ჩასმულ ორი მილისაგან, რომელთაგან შიგნითა მილი შედარებით მაღლა დგას. შესაძლებელია შიგნითა მილის ამოწევა. მასზე აღნიშნულია მილიმეტრებად დაყოფილი სკალა,

რომლის დახმარებით ადვილია ტუბუსის სიგრძის განსაზღვრა. მეტწილად იგი უდრის 160 მმ.

ტუბუსის შიგნითა მილის სკალაზე მოცემულია დანაყოფები 140 მილიმეტრიდან 200 მილიმეტრამდე. ეს რიცხვები აღნიშნავენ ტუბუსის მექანიკურ სიგრძეს (გვ. 17). მცირე რიცხვები ზემოთაა განლაგებული, დიდი კი ქვემოთ. რაც უფრო ზემოთ ავწევთ ტუბუსის შიგნითა მილს, მით უფრო გაიზრდება მანძილი ობიექტივსა და ოკულარს შორის და, მაშასადამე, — მანძილი მათ ფოკუსებს შორის.

სუსტი გამადიდებლობის ობიექტივების ხმარებისას შეიძლება ტუბუსის ამოწევით გავზარდოთ მიკროსკოპის გამადიდებლობა. დიდი გამადიდებლობის დროს ტუბუსის ამოწევა მიზანშეწონილი არ არის, რადგან დიდი გამადიდებლობის ობიექტივები ზუსტადაა გაანგარიშებული ტუბუსის განსაზღვრული მანძილის მიმართ.

რადგან ტუბუსს და ობიექტივს შორის ჩართულია რევოლვერი, რომლის სისქე უდრის 8 მმ., ამიტომ ყოველი უფრო დიდი გადიდებისას საჭიროა ტუბუსის ამოწევა 152 მილიმეტრით აღნიშნულ დონემდე.

ტუბუსის სიგრძის შეცვლით ახდენენ აგრეთვე საფარი მინის სისქის კორექციას (იხ. საფარი მინის გაზომვა). თხელი საფარი მინის შემთხვევაში ტუბუსს რამდენიმედ აგრძელებენ; სქელი საფარი მინის შემთხვევაში კი, პირიქით, ამოკლებენ.

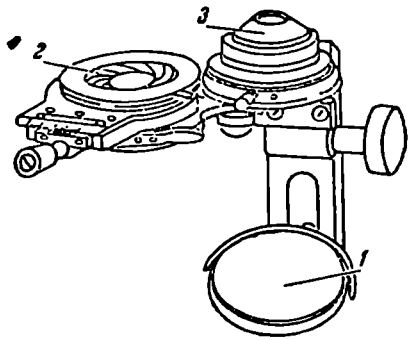
ტუბუსის ქვემო ბოლოზე მოთავსებულია რევოლვერი, იგი შედგება ორი ფირფიტისაგან. ზემო ფირფიტა უშუალოდ ტუბუსზეა მიხრახნილი, ქვემო კი ზემო ფირფიტასთან ხრახნით ისეა მიმაგრებული, რომ შესაძლებელია მისი ტრიალი საკუთარი ღერძის გარშემო. ქვემო ფირფიტის ნაპირებზე არსებობს რამდენიმე ხვრელი. ხვრელების ნაპირები დახრახნილია სხვადასხვა ობიექტივის მისახრახნად. რევოლვერის ქვემო ფირფიტის ტრიალით შეიძლება სასურველი ობიექტივი დაუპირისპიროთ ზემო ფირფიტის ხვრელს და, მაშასადამე, მიკროსკოპის ტუბუსის ქვემო ხვრელსაც. განსაკუთრებული პატარა ზამბარა ჯდება რა თავის ღარში, — იქერს ობიექტივს ადგილზე.

საგნის მაგიდა შეიძლება იყოს მრგვალი ან ოთხკუთხი ფორმისა. ცენტრში მას აქვს მრგვალი ხვრელი. მცირე ზომის მიკროსკოპებში მაგიდა ჩვეულებრივად უძრავია. რთულ მიკროსკოპებში მოძრაე სასაგნე მაგიდის დიამეტრი დაახლოებით უდრის 12—15 სმ. ხრახნების საშუალებით მაგიდის გადაადგილება შეიძლება სხვადასხვა მიმართულებით.

მიკროსკოპის მეტად მნიშვნელოვან მექანიკურ ნაწილს წარმოადგენს მაკრომეტრული და მიკრომეტრული ხრახნები. მკვეთრი გამოსახულების მისაღებად, პირველი ანხორციელებს ტუბუსის, შედარებით ტლანქ გადაადგილებას ზემოთ და ქვემოთ, ე. ი. პრეპარატთან მიახლოებას და დაშორებას. მეორე ხრახნიც აწარმოებს ტუბუსის ვერტიკალურ გადაადგილებას, მაგრამ მეტად მცირე ფარგლებში და მეტი სიზუსტით, ვინაიდან დიდი გადიდების დროს (მაგ., 1000-ჯერ) ტუბუსის ერთ მიკრონზე გადაადგილებას უკვე გამოიკავს გამოსახულება ფოკუსიდან. მაკრომეტრული ხრახნი იხმარება ფოკუსური მანძილის მოსაძებნად, მიკრომეტრული ხრახნი კი ობიექტის სიღრმეში გასასინჯად.

## მიკროსკოპის გამაშუქებელი სისტემა

მიკროსკოპის გამაშუქებელ სისტემაში არჩევენ სამ ნაწილს (სურ. 19): სარკეს, დიაფრაგმას და კონდენსორს.




სურ. 19. მიკროსკოპის გამაშუქებელი სისტემის ნაწილები: 1—სარკე, 2—ირის-დიაფრაგმა, 3—კონდენსორი

**ს ა რ კ ე.** სარკე მოთავსებულია სასაგნე მაგიდის ქვეშ. სარკიდან სინათლის სხივები აირეკლება ობიექტივის მიმართულებით. მისი ერთერთი ზედაპირი წარმოადგენს ჩაზნექილ სარკეს, მეორე კი—ბრტყელს. თანამედროვე მიკროსკოპებში სარკე მოძრაობს ზემოთ, ქვემოთ, მარჯვნივ, მარცხნივ,—ორ ურთიერთ პერპენდიკულარულ დიამეტრების მიმართ და თავისი ოპტიკური ღერძის ირგვლივ.

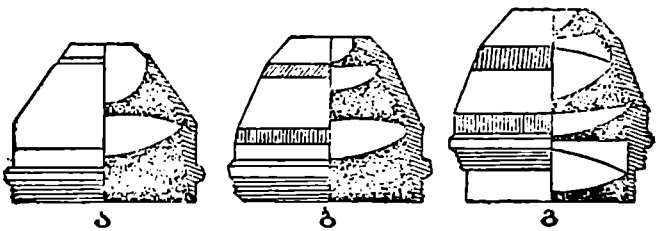
მიკროსკოპში უკონდენსოროდ დაკვირვებისას სუსტი ობიექტივის გამოყენების დროს იხმარება ბრტყელი სარკე, ძლიერი ობიექტივების ხმარების დროს კი—ჩაზნექილი.

კონდენსორით მუშაობისას სუსტი ობიექტივების ხმარების დროს, პირიქით, გამოიყენებენ ჩაზნექილ სარკეს, ძლიერი ობიექტივების ხმარების დროს კი—ბრტყელს.

**დ ი ა ფ რ ა გ მ ა.** დიაფრაგმა წარმოადგენს ლითონის ფირფიტას, რომლის ცენტრში ხვრელია. დიაფრაგმის დანიშნულებაა არ გაუშვას სარკიდან ობიექტივისაკენ მიმავალი პერიფერიული სხივები. ამ სხივების მოცილება ამცირებს სფერულ აბერაციას.

არსებობს ბრტყელი, ანუ რევოლვერული, ცილინდრული და ირისული დიაფრაგმა. მათ შორის მეორეს მეტი უპირატესობა აქვს პირველის მიმართ. სარგებლობისათვის ყველაზე მოსახერხებელია ირისული დიაფრაგმა. იგი წარმოდგენილია რგოლისებრი ჩარჩოთი, რომელშიაც ჩამაგრებულია ლითონის 12—18 მოძრავი, ნამგლისმაგვარი ფორმის ფირფიტა. სპეციალური ბერკეტის საშუალებით ეს ფირფიტები ადგილს ინაცვლებენ და ფარავენ ერთიმეორეს მეტად ან ნაკლებად. ამის შესაბამისად ხვრელი ხელსაწყოს ცენტრში ხან მინიმალურად პატარავდება, ხან კი, პირიქით, განიერდება. სურათზე წარმოდგენილია საშუალოდ გახსნილი დიაფრაგმა (სურ. 19, ₂).

**კ ო ნ დ ე ნ ს ო რ ი.** კონდენსორი, ანუ გამაშუქებელი აპარატი მოთავსებულია სარკისა და გამოსაკვლევ ობიექტს შორის. მას სხვადასხვა კონსტრუქცია აქვს და შედგება 2—3 ან უფრო მეტი რი-




სურ. 20. ორლინზიანი (ა), სამლინზიანი (ბ) და ექვსლინზიანი (გ) კონდენსორები. განმარტება მოცემულია ტექსტში.

ცხვი ლინზისაგან. სარკიდან ანარეკლი სინათლის სხივები კონდენსორის ლინზებში გავლის შემდეგ ქმნიან სინათლის კონუსს, რომლის წვერო უნდა მოთავსდეს გამოსაკვლევ ობიექტზე. კონდენსორის მთავარი დანიშნულებაა გამოსაკვლევი ობიექტი უფრო გააშუქოს და მიღებულ გამოსახულებას სათანადო მკაფიობა მისცეს. კონსტრუქციის მიხედვით კონდენსორებს სხვადასხვა აპერტურა აქვთ, ე. ი. კონდენსორის მიერ მოცემული სხივების კონუსის სიფართოვე. სურათზე სამი სხვადასხვა კონდენსორია ნაჩვენები (სურ. 20). მარცხნივ მოცემულია ორლინზიანი კონდენსორი, რიცხვითი აპერტურით 1,2; შუაში სამლინზიანი კონდენსორი, რიცხვითი აპერტურით 1,4 და მარჯვნივ ექვსლინზიანი აპლანატური კონდენსორი, რიცხვითი აპერტურით 1,4. ეს კონდენსორი იხმარება იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა გაშუქების უმაღლესი აპერტურა და სინათლის უაბერაციო კონუსის მიღება.

თითქმის ყველა კონდენსორს თან ახლავს ირისული დიაფრაგმა, რომელიც მოთავსებულია მის ქვემო ხვრელის ქვეშ. ირისული დიაფრაგმის ხვრელის შეცვლით შეიძლება ნებისმიერ კონდენსორის აპერტურის შემცირება.

რაც უფრო დიდი აპერტურა აქვს კონდენსორს, მით უფრო იგი ძლიერი ობიექტივებისათვისაა განკუთვნილი. კონდენსორის აპერტურა მატულობს იმ გარემოს სინათლის გარდატეხის კოეფიციენტთან ერთად, რომელიც მოთავსებულია კონდენსორის ზედაპირისა და სასაგნე მინას შორის. კონდენსორის აპერტურის მთლიანად გამოყენებისათვის მის ზემო ზედაპირსა და სასაგნე მინის ქვემო ზედაპირს შორის საჭიროა მოთავსდეს იმერსიული სითხე.

ჩვეულებრივ ირისული დიაფრაგმის ქვეშ მოთავსებულია რგოლი ნაჭდევით, რომელშიაც თავსდება ფილტრი, ე. ი. ფერადი მინის მრგვალი ფირფიტა. ფილტრი ძირითადად იხმარება პრეპარატის ხელოვნური სინათლით გაშუქების დროს. ხელოვნური სინათლით გაშუქებისას ხედვის ველს ახასიათებს წითელი ან ყვითელი ელფერი. ფილტრი ამ ელფერს აშორებს და ველი თეთრდება. რგოლი ფილტრთან ერთად ტრიალებს ღერძის გარშემო სათანადო ბერკეტის საშუალებით.

საჭიროების მიხედვით შესაძლებელია ფილტრის გამოყენება ან გამოთიშვა ხმარებიდან.

## პრეპარატის სამოძრავებელი

პრეპარატის სამოძრავებელი (სურ. 21) შედგება ორი ჯვარედინად განწყობილი და ერთმანეთზე მიმაგრებული ღეროსაგან, რომელთა შორის წინა ღერო (1) ფრონტალურ სიბრტყეში მდებარეობს, უკანა კი საგიტალურში (2). წინა ღეროზე მიმაგრებულია პრეპარატის დამჭერი (3). რომელშიაც თავსდება პრეპარატი.

პრეპარატის სამოძრავებელი იდგმება მიკროსკოპის მაგიდაზე და მაგრდება სპეციალური ხრახნით (4).

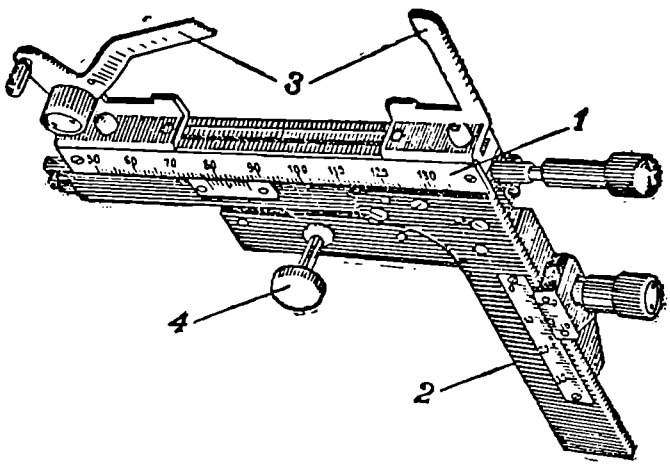
პრეპარატის სამოძრავებელი ძირითადად იხმარება პრეპარატის ზუსტი და თანაბარი მოძრაობისათვის, ორი მიმართულებით: ერთი მხრივ, მარჯვნივ და მარცხნივ, ხოლო მეორე მხრივ, წინ და უკან. პრეპარატის გადაადგილება ხდება ორი ხრახნის დახმარებით.

როგორც ერთი, ისე მეორე მიმართულებით პრეპარატის გადაადგილების მანძილის აღრიცხვა შესაძლებელია თითოეულ ღეროზე მოთავსებული სპეციალური სკალის დანაყოფების საშუალებით. ამ სკალაზე თითო დანაყოფი უდრის 0,1 მმ.

პრეპარატის ხელით მოძრაობასთან შედარებით პრეპარატის სამოძრავებლის ხმარებას დიდი უპირატესობა აქვს, განსაკუთრებით დიდი გადიდების დროს.

1. პრეპარატის სამოძრავებელის საშუალებით ადვილია პრეპარატში ამა თუ იმ ადგილის ფიქსირება ან განმეორებით მოძებნა, თუ პრეპარატი ადგილიდან დაიძრა ან დავძარით, რაც სხვა შემთხვევაში დიდი დროის დაკარგვას მოითხოვს.

2. პრეპარატის სამოძრავებლით სარგებლობისას შეიძლება პრეპარატის თანმიმდევრობით დათვალიერება მთლიანად ისე, რომ დაუთვალიერებელი არ დარჩეს არც ერთი მიდამო, რაც მეტად მნიშვნელოვანია მეცნიერული კვლევის დროს. ამ ხელსაწყოს დაუხმარებლად ადვილი შესაძლებელია, რომ დაუთვალიერებელი დარჩეს პრეპარატის ცალკეული ადგილები.




სურ. 21. პრეპარატის სამოძრავებელი. 1—წინა ღერო სკალით, 2—უკანა ღერო სკალით, 3—პრეპარატის დამჭერი, 4—მიკროსკოპის მაგიდაზე მისამაგრებელი ხრახნი.

3. განსაკუთრებით კარგ სამსახურს გვიწევს პრეპარატის სამოძრავებელი იმ სერიული ანათლების დათვალიერებისას, რომელნიც სასაგნე მინაზე დალაგებული არიან რამდენიმე მწკრივად.

პრეპარატის სამოძრავებელი თან ახლავს მიკროსკოპს (ჩვეულებრივ მაღალი ხარისხის მიკროსკოპს) ან მას ცალკე უშვებს ქარხანა.

# მიკროსკოპის მოვლა

## მიკროსკოპის ლითონის ნაწილების გაწმენდა

მიკროსკოპის ლითონის ნაწილებს მტვერს აცლიან ჯერ რბილ-ბეწვიანი სუფთა ყალმით, შემდეგ კი—რბილი სუფთა ტილოთი.

თუ სურთ მიკროსკოპს შეუნარჩუნონ თავისი პირვანდელი გარეგანი სახე, მიკროსკოპის ლითონის ნაწილებს წააცხებენ სიმჟავისაგან თავისუფალ ვაზელინს, შემდეგ კი წმენდენ მშრალი სუფთა ტილოთი.

თუ მიკროსკოპის ნაწილების მამოძრავებელ ხრახნებზე ქარხანაში წასმული სპეციალური საცხი გაჭუჭყიანდა და გამაგრდა, მაშინ ამ საცხს აშორებენ ბენზინით, შემდეგ ხრახნებს ამშრალებენ ტილოთი და წააცხებენ სიმჟავისაგან თავისუფალ ვაზელინს.

რაიმე სითხე, რომელიც შეიძლება მიკროსკოპს შემთხვევით დაესხას, გულდასმით უნდა იქნას მოწმენდილი. კედარის ზეთს და ბალზამს აშორებენ ნარკოზული ეთერით და ბენზინით.

## მიკროსკოპის ოპტიკური ნაწილების მოვლა-გაწმენდა

მიკროსკოპის ოპტიკური ნაწილების მტვერისაგან და ჭუჭყისაგან დაცვის მიზნით მიმართავენ შემდეგ საშუალებებს:

1. ობიექტივი რომ არ დაიმტვეროს, ტუბუსში მუდამ უნდა იდოს ოკულარი; მიკროსკოპის დატოვება ოკულარის ჩაუდგმელად არ შეიძლება.

2. არ შეიძლება ლინზებისადმი თითებით შეხება.

3. ოკულარი, რომელიც ხმარებაში არ არის, დაცული უნდა იქნას მტვერისაგან. არ შეიძლება ოკულარის დატოვება მაგიდაზე.

4. ჭუჭყის მოცილების მიზნით ლინზების გარეგან ზედაპირს წმენდენ რბილბეწვიანი ყალმით, რომელსაც წინასწარ კარგად რეცხენ ეთილის ეთერში, ახვევენ სუფთა ქაღალდში და ინახავენ სპეციალურ კოლოფში. თუ ლინზაზე კიდევ რჩება ჭუჭყი, იმ შემთხვევაში, მის ზედაპირს ფრთხილად წმენდენ ბენზინში, ნარკოზულ ეთერში ან ქსილოლში ოდნავ დასველებული, მრავალჯერ ნარეცხი (უკანასკნელად უსაპნოდ) ტილოს ან ბატისტის ნაჭრით.

ობიექტივის ღრმად მდებარე ლინზას, აგრეთვე ოკულარის ლინზების შიგნითა ზედაპირს მტვერს აცლიან ჯერ ნაზბეწვიანი ყალმით, შემდეგ კი მეტად ფრთხილად (!) ხის ჩხირზე დახვეული ბატისტის ნაჭრით.

უფრო მიზანშეწონილია ობიექტივის გაწმენდა სპეციალურ სახელოსნოში.

ობიექტივის დაშლა არ შეიძლება, იგი უეჭველად გაფუჭდება.

დაკვირვების დამთავრების შემდეგ ობიექტივს აშორებენ იმერსიულ ზეთს ჯერ მშრალი ბატისტის ნაჭრით, შემდეგ კი ბენზინში, ნარკოზულ ეთერში ან ქსილოლში ოდნავ დასველებული ტილოთი. ამგვარადვე აშორებენ იმერსიულ ზეთს კონდენსორის ლინზას და პრეპარატის საფარ მინას.

ხმარების შემდეგ მიკროსკოპს ინახავენ საკუთარ ყუთში ან მინის ხუფის ქვეშ. უკანასკნელ შემთხვევაში საჭიროა, რომ ხუფის ქვემო ზედაპირი და მაგიდის ზედაპირი ერთმანეთს მჭიდროდ ეხებოდეს.

## მიკრომანიპულატორი

მიკრომანიპულატორი ციტოლოგიური გამოკვლევისათვის მეტად მნიშვნელოვან ინსტრუმენტს წარმოადგენს.

მიკრომანიპულატორი მიკროსკოპთან დაკავშირებული ხელსაწყოა, რომლის საშუალებით აწარმოებენ სხვადასხვა მანიპულაციას უჯრედებზე და მათ პროდუქტებზე. მანიპულაციისათვის მიკრომანიპულატორს აქვს სპეციალურად მოწყობილი და ზუსტად მოქმედი უწვრილესი ინსტრუმენტები. ეს ინსტრუმენტები მზადდება მინისაგან ჩვეულებრივად თვით ექსპერიმენტატორის მიერ და მაგრდება სპეციალურ დამჭერებში. ამ მიკროინსტრუმენტების მოძრაობა ხორციელდება ხრახნების ორგვარი სისტემით. ხრახნების ერთი სისტემა დანიშნულია ტლანქი მოძრაობისათვის, მეორე კი—ზუსტი მოძრაობისათვის. თანამედროვე გაუმჯობესებული მიკრომანიპულატორების მოძრაობა ხდება პნევმატური გადაცემის საშუალებით.

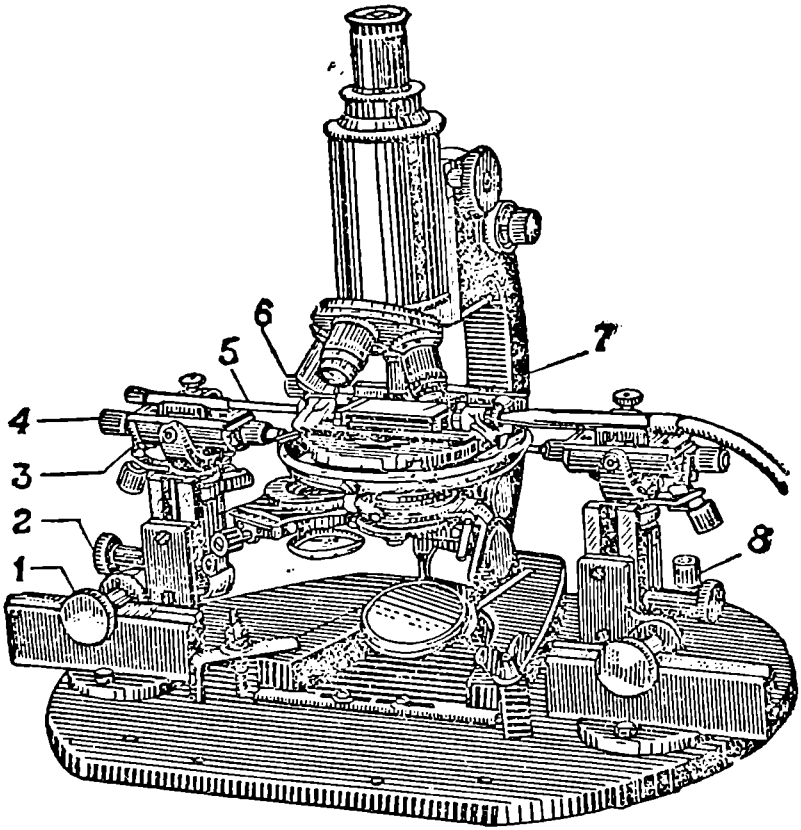
მიკრომანიპულატორს ძირითადად იყენებენ უჯრედზე ექსპერიმენტების საწარმოებლად ჰისტოლოგიაში, მცენარეთა ანატომიაში და ემბრიოლოგიაში. მისი საშუალებით აწარმოებენ, მაგალითად, უჯრედის ცალკეული ნაწილების დაზიანებას, გამოცალკევებას, მიკროინიექციას, ექსპერიმენტებს მიკროელექტროდების გამოყენებით და სხვა. მიკრომანიპულატორით მიკროოპერაციების წარმოებას უწოდებენ მიკროდისსექციას, აგრეთვე მიკროქირურგიას, ანუ შემოკლებით მიკრურგიას.

არსებობს მიკრომანიპულატორის მრავალი მოდელი; ერთი მათგანი წარმოდგენილია თანდართულ სურათზე (სურ. 22).

მიკრომანიპულატორში ხრახნების საშუალებით წარმოებს უწვრილესი ინსტრუმენტების მოძრაობა ვერტიკალურ, მარჯვენა-მარცხენა, და წინა-უკანა მიმართულებით.

გამოსაკვლევი ობიექტი მიკროსკოპის მაგიდაზე ჩვეულებრივ თავსდება სველ კამერაში. ინსტრუმენტების მოძრაობის კონტროლი წარმოებს მიკროსკოპით.

სველი კამერა წარმოადგენს ასანთის კოლოფის ფორმის პატარა ყუთს (სურ. 22-7), რომლის სახურავი და ძირი გამჭვირვალე




სურ. 22. მიკრომანიპულატორი. 1—ხრახნი ტლანქი მოძრაობისათვის მარჯვნივ და მარცხნივ; 2—ხრახნი ვერტიკალური მოძრაობისათვის; 3—ხრახნი ზუსტი მოძრაობისათვის წინ და უკან; 4—ხრახნი ზუსტი გვერდითი მოძრაობისათვის; 5 და 6—მიკროსკოპის სასაგნე მაგიდის ხრახნები სველი კამერის (7) მოძრაობისათვის; 8—ხრახნი ზუსტი ვერტიკალური მოძრაობისათვის.

მასალისაგანაა დამზადებული, გვერდითი კედლები კი—ლითონისაგან. გვერდით კედლებში სველ კამერას აქვს ხვრელები მიკროინსტრუმენტების შესატანად.

## ლუმინესცენგური (ფლუორესცენგული) მიკროსკოპი

ლუმინესცენცია (ლათ.ლუმენ—სინათლე) ეწოდება ნივთიერების მიერ სინათლის გამოსხივებას წინასწარ შთანთქმული ენერგიის ხარჯზე. არჩევენ ლუმინესცენციის ორ სახეს: ფლუორესცენციას და ფოსფორესცენციას. თუ ნივთიერებიდან სინათლის გამოსხივება ხდება მხოლოდ იმ მომენტში, როცა იგი განიცდის დასხივებას, მაშინ მას ეწოდება ფლუორესცენცია (აგზნების შეწყვეტასთან ერთად ქრება ფლუორესცენციაც), თუკი გამოსხივება გრძელდება უფრო დიდხანს, მაშინ მას უწოდებენ ფოსფორესცენციას.

ლუმინესცენციის წარმოშობისათვის, როგორც აღვნიშნეთ, საჭიროა ნივთიერებამ წინასწარ შთანთქას ენერგიის გარკვეული რაოდენობა. ნივთიერების ნაწილაკები—მოლეკულები—ენერგიის შთანთქმის შედეგად განიცდიან აგზნებას. იმისდა მიხედვით, თუ რა გზით ხდება ნივთიერების აგზნებისათვის ენერგიის მიწოდება, არჩევენ ლუმინესცენციის მრავალ სახეს:

1. ფოტოლუმინესცენციას—როცა გამოსხივება გამოწვეულია ბზის სინათლით.

2. რენტგენოლუმინესცენციას—როცა გამოსხივება გამოწვეულია რენტგენის სხივების გავლენით.

3. კატოდლუმინესცენციას—როცა გამოსხივება გამოწვეულია ელექტრონების ნაკადის გავლენით.

4. რადიოლუმინესცენციას—როცა გამოსხივება გამოწვეულია რადიოაქტიურ ნივთიერებათა გამოსხივებით.

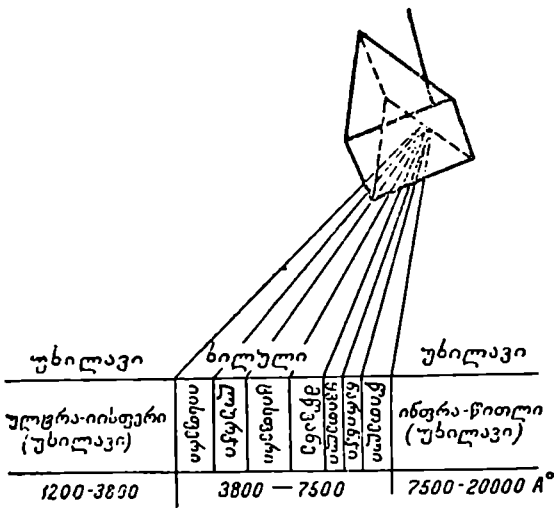
5. ელექტროლუმინესცენციას—როცა გამოსხივება გამოწვეულია ელექტრული განმუხტვით.

6. ბიოლუმინესცენციას—როცა გამოსხივება ხდება ცხოველთა ორგანიზმების მიერ (მწერების, ბაქტერიების, ხოჭოების, თევზების და სხვა).

ჩვენთვის განსაკუთრებით საინტერესოა ფოტოლუმინესცენცია, როცა ნივთიერებათა მიერ შთანთქმული სინათლის მეოხებით კვლავ ხდება სინათლის გამოსხივება. ბიოლოგისათვის ყველაზე მნიშვნელოვანია უჯრედების, ქსოვილების, მიკროორგანიზმებისა და სხვათა გამოკვლევა, როცა ფლუორესცირების წყაროს სახით გამოყენებულია ულტრაიისფერი სხივები.

როგორც ცნობილია, თვალი ხედავს ისეთ სხივებს, რომელთა ტალღის სიგრძე მერყეობს 4000—7500 ანგსტრემამდე (სურ. 23).

ფლუორესცირებულ სინათლის ტალღის სიგრძე ყოველთვის უფრო მეტია, ვიდრე მის ამგზნებელ სინათლის ტალღის სიგრძე (სტოქსის კანონი). ასე მაგ., ულტრაიისფერ სხივებს, რომელნიც ამ მხრივ ყველაზე აქტიურია და შეუძლია გამოიწვიოს ფლუორესცირება სპექტრის ყოველგვარი სხვა სინათლის სახით. თუკი ნივთიერება აგზნებულია ლურჯი სხივებით, არ შეიძლება მოხდეს მისი ფლუორესცირება იისფერი სხივებით. ამ შემთხვევაში ფლუორესცირება შეიძლება მოხდეს მხოლოდ ლურჯ ფერთან შედარებით უფრო გრძელტალღიანი სინათლით, მაგ., მწვანე, ყვითელი ან წითელი სხივებით. ამიტომ სტოქსის კანონის თანახმად, ადამიანის თვალი ლუმინესცენტურ მიკროსკოპში დაინახავს ულტრაიისფერი სხივებით გაშუქებულ ობიექტს. ფლუორესცენტული ანალიზისათვის ყველაზე მარტივი და ყველაზე მგრძნობიარეა ფლუორესცირების თვალით დამზერა (ფლუოროსკოპია). ამისათვის საჭიროა მხოლოდ ულტრაიისფერი სხივების წყარო და ფილტრების წყობილი (სურ. 24).



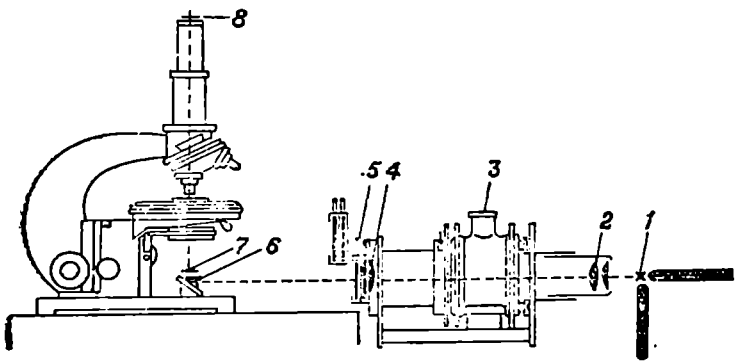

სურ. 23. სინათლის სხივის დაშლა სპექტრზე.

სხვა წყაროებთან შედარებით ულტრაიისფერი სხივების ყველაზე დიდ რაოდენობას იძლევა სინდიყიანი ნათურები.

სინდიყიან ნათურებს შორის ლუმინესცენციის ასაგზნებად ყველაზე კარგია სინდიყიან კვარცის ნათურები PK 2 და PK 4 ტიპისა.

ულტრაიისფერი სხივების მისაღებად ხმარობენ აგრეთვე ელექტრორკალს.

ფილტრების დანიშნულებაა არ გაუშვას ულტრაიისფერზე უფრო გრძელტალღიანი სხივები. ფილტრი უნდა ჩაიდგას ულტრაიისფერი სხივების მომცემ წყაროსა და მიკროსკოპის სარკეს შორის. ყველაზე მნიშვნელოვანია ე. წ. ვუდის ფილტრი—ნიკელის ქანგის შემცველი შავი მინა, რომელიც თითქმის არ ატარებს სპექტრის ხილულ უბანს. ეს ფილტრი გაატარებს ისეთ წითელ სხივებს, რომელთა ტალღის სიგრძე აღემატება 6500 Å-ს. ამ უკანასკნელთა შესაჩერებლად საჭიროა მეორე ფილტრის გამოყენება (მაგ., გოგირდმჟავა სპილენძის 2,5—5% ხსნარის). ამავე დროს ოკულარზე საჭიროა მკრთალი ყვითელი ფერის ფილტრის მოთავსება. მისი დანიშნულებაა დავიცვათ თვალი იისფერი სხივებისაგან, რომლებიც ჩვეულებრივად დიდი რაოდენობით გადიან ვუდის ფილტრში.




სურ. 24. ლუმინესცენტური მიკროსკოპი. 1—ელექტროორკალი, 2—კვარცის კოლექტორი (უკანა ნაწილი), 3—პურპული გოგირდმჟავა სპილენძის ხსნარისათვის, 4—კვარცის კოლექტორი (წინა ნაწილი), 5—ულტრაიისფერი ფილტრი, 6—პრიზმი, 7—ურანის მინის ფირფიტა, 8—ულტრაიისფერი სხივების შთანმთქმელი ფილტრი ოკულარზე.

ფლუორესცენტული მიკროსკოპირებისათვის დიდი ინტენსიურობის ულტრაიისფერი გამოსხივების გამოყენებისას საესებით გამოსადეგია ჩვეულებრივი მიკროსკოპის ობიექტივები, ოკულარები და საფარი მინა. შეიძლება აგრეთვე ჩვეულებრივი მიკროსკოპის სარკის, კონდენსორისა და სასაგნე მინის გამოყენებაც.

სხვა პირობებში ფლუორესცენტულ მიკროსკოპისათვის საჭიროა, რომ ლინზები, სარკე, საგნისა და საფარი მინები დამზადდეს კვარცისაგან.

ლუმინესცენტურ მიკროსკოპში ჩანს ხედვის ბნელი ველი.

თუკი მის მაგიდაზე ფლუორესცირების უნარის მქონე ობიექტია მოთავსებული, მაშინ ხედვის ბნელი ველის ფონზე ობიექტის ნაწილაკები სხვადასხვა ფერით ანათებენ. თანაბარ პირობებში ფლუორესცენციის ფერი და სიკაშკაშე სპეციფიკურია ყოველი ცალკეული ქიმიური შენაერთისათვის. ამიტომ პრეპარატის ცალკეული ნაწილაკები, ბოჭკოები და უჯრედები, მათი ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით ახდენენ ფლუორესცირებას სხვადასხვა სინათლით, რომლის ფერი და ინტენსივობა საშუალებას იძლევა გავარჩიოთ ერთმანეთისაგან სხვადასხვა კომპონენტები. ამ გზით შესაძლებელია არამცთუ ნივთიერების რაობის განსაზღვრა, არამედ იმ ცვლილებებისაც, რომელნიც შეიძლება მოხდეს მასში სხვადასხვაგვარი გავლენის შედეგად.

ფლუორესცენტული მიკროსკოპია საშუალებას იძლევა გამოვავლინოთ ახალი დეტალები, რომლებიც არ ჩანან ჩვეულებრივ მიკროსკოპში (ტაბ. I—1,2).

ფლუორესცენტულ მიკროსკოპში ანათალს იკვლევენ ისეთ არეებში (ფიზიოლოგიურ ხსნარში, გლიცერინში, მინერალურ ან პარაფინის ზეთში), რომელნიც ფლუორესცირებას არ განიცდიან.

არჩევენ პირველად და მეორად ფლუორესცენციას.

პ ი რ ვ ე ლ ა დ ი, ა ნ უ ბ უ ნ ებ რ ი ვ ი ფლუორესცირების შემთხვევაში პრეპარატი ყოველგვარი დამუშავების გარეშე თავისთავად იძლევა გამოსხივებას.

საკუთარი ფლუორესცენციის გამო ორგანოს სხვადასხვა კომპონენტი სხვადასხვა ფერში წარმოგვიდგება: შემაერთებელი ქსოვილოვანი ბოჭკოები—მკრთალ ცისფერში, ელასტიკური—ღია ლურჯ ფერში, ღრტილი—ღია ცისფერში, ეპიდერმისის გარქოვანებული შრე—მოთეთრო ცისფერში და ასე შემდეგ.

პრეპარატის პირველადი ფლუორესცირება უფრო ნაკლებ ეფექტურია, ვიდრე მეორადი.

მ ე ო რ ა დ ი ფ ლ უ ო რ ე ს ც ი რ ებ ა წარმოებს პრეპარატების გარკვეული რეაქტივებით დამუშავების შედეგად. პრეპარატი ეფექტურად შეიღებება იმ შემთხვევაში, თუ საღებავი ძლიერ განზავებულია.

მეორადი ფლუორესცირების შედეგად შესაძლებელია ფერების დიფერენცირების უფრო მეტი სხვადასხვაობის მიღება.

ფლუორესცენტული მიკროსკოპია მეტად პერსპექტიულია ორგანოების, უჯრედებისა და ქსოვილების შესწავლის საქმეში.

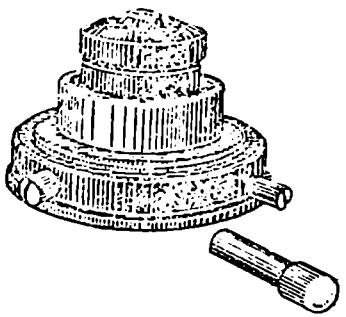
ფლუორესცენტულ საღებავებს, ანუ, როგორც მათ ეძახიან, ფლუოროქრომებს ეკუთვნიან: ფლუორესცეინი, მეთილენის ლილა, კონგო წითელი, ტრიპაფლავინი, ნეიტრალური წითელი (ექსტრა), კურამინი, როდამინი, ეოზინი და სხვა. ეს საღებავები პროტო-

პლაზმის სხვადასხვა სტრუქტურას უკავშირდება სხვადასხვა რაოდენობით. ამიტომ უკანასკნელნი იძლევიან სხვადასხვა ფერისა და ელფერის ფლუორესცირებას.

ტრიპაფლავინი უმთავრესად ღებავს ბირთვებს, რომლებიც ანათებენ წერტილების სახით მუქი ციტოპლაზმის ფონზე. ფლუორესცეინი იძლევა სხვადასხვა ქსოვილების დიფერენცირების საშუალებას და გამოავლენს უჯრედის შიგთავსს. ნერვული ბოჭკოების მიელინური გარსი ტრიპაფლავინით განიცდის ფლუორესცირებას ლურჯ ფერში და სხვა.

## ულტრამიკროსკოპია

„ულტრა“ ნიშნავს ჭარბს, ზომაზე მეტს. ულტრამიკროსკოპიისათვის ხმარობენ ზიდენტოპფის და ჟიგმონდის ე. წ. ნაპრალისებრ ულტრამიკროსკოპს (ძირითადად იხმარება კოლოიდურ ქიმიაში), ზიდენტოპფის ულტრამიკროსკოპს დასაბნელებელით ობიექტივში და ბნელი ველის კონდენსორებს. ამჟამად სპეციალურად ბიოლოგიური მიზნებისათვის მოწყობილი ბნელი ველის კონდენსორები გამოშვებულია დიდი რაოდენობით (სურ. 25).



სურ. 25. ბნელი ველის კონდენსორი.

ულტრამიკროსკოპული მეთოდიკა ბევრად ადიდებს მიკროსკოპის გარჩევის უნარს. დიფრაქციის გამო იგი საშუალებას იძლევა დავინახოთ ნაწილაკები დიამეტრით 4—10 მილიმიკრონამდე. ულტრამიკროსკოპია გამოყენებულია ფართოდ ციტოლოგიურ მიზნებისათვის, ობიექტის ცოცხალ მდგომარეობაში გამოსაკვლევად.

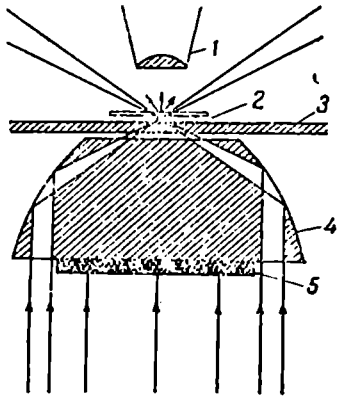
ხედვის ბნელ ველში ობიექტის გამოსაკვლევად კონსტრუირებულია კონდენსორების რამდენიმე მოდელი:

1. პარაბოლოიდ-კონდენსორი, 2. კარდიოიდ-კონდენსორი, 3. გამოსაცვლელი კონდენსორი და სხვა. აქ ჩვენ ავწერთ პარაბოლოიდ-კონდენსორს და გამოსაცვლელ კონდენსორს.

პარაბოლოიდ-კონდენსორი მიკროსკოპში თავსდება ჩვეულებრივი კონდენსორის ადგილზე.

პ ა რ ა ბ ო ლ ო ი დ - კ ო ნ დ ე ნ ს ო რ ი (სურ. 26) წარმოადგენს ერთლინზიან კონდენსორს, რომელშიაც ბრტყელი სარკიდან არეკ-

ლილი (ხედვის ბნელი ველის „გაშუქებისათვის“ იხმარება მხოლოდ ბრტყელი სარკე) სინათლის სხივების ცენტრალური კონა ეცემა არაგამჭვირვალე ეკრანს და უკუიქცევა. პერიფერიული სხივები კი თავისუფლად შედის კონდენსორში. ისინი გაივლიან აღნიშნულ ეკრანსა და ლინზის გარეთა ზედაპირს შორის დარჩენილ ჰვრიტეს, ეცემიან ლინზის ჩაზნექილ პარაბოლოიდურ ზედაპირზე და იქიდან შეიკრიბებიან პარაბოლოიდის ფოკუსში. ეს ფოკუსი ზუსტად უნდა თავსდებოდეს გამოსაკვლევ ობიექტში. არეკლილი სხივები მიკროსკოპის ოპტიკური ღერძის მიმართ მიიმართებიან ირიბად დასავსებით გვერდს უვლიან ობიექტივის ლინზას. მიკროსკოპის ხედვის ველი ამ დროს სავსებით ბნელია. თუ სხივების დაგროვების მიდამოში (ფოკუსში) მოვათავსებთ ოპტიკურად არაჰომოგენურ სტრუქტურის მქონე ობიექტს, მაშინ უკანასკნელის ნაწილაკები მათზე დაცემულ სხივებს არეკლავენ მიკროსკოპის ობიექტივში და შემდეგ ისინი ხვდებიან დამკვირვებლის თვალში. საკმარისია არსებობდეს მცირეოდენი განსხვავება განსახილველ ობიექტის სუბმიკრონებს შორის სინათლის გარდატეხის კოეფიციენტებში, რომ ისინი მკაფიოდ დავინახოთ ხედვის ბნელ ველში. ამგვარად, მიკროსკოპის ხედვის ბნელ ველში თვალი დაინახავს გაშუქებულ ნაწილაკებს, ხოლო მათ კონტურს და სიდიდეს თვალი ვერ არჩევს. სუბმიკრონების ფორმის დანახვა შესაძლებელია მხოლოდ აზიმუტიან დიაფრაგმასთან კომბინაციაში.



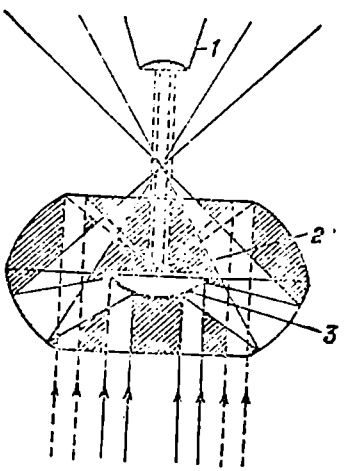
სურ. 26. პარაბოლოიდ-კონდენსორის სქემა. 1—ობიექტივი, 2—ობიექტი, 3—სასაგნე მინა, 4—კონდენსორის ლინზა, 5—დიაფრაგმა.

გ ა მ ო ს ა ც ვ ლ ე ლ ი კ ო ნ დ ე ნ ს ო რ ი (სურ. 27) საშუალებას იძლევა, რომ პრეპარატი სურვილისამებრ გამოკვლეულ იქნას, როგორც ხედვის ნათელ, ისე ხედვის ბნელ ველში. ამისათვის გაშუქების შეცვლა ხდება მარტივად, კონდენსორზე არსებული ბერკეტის მოტრიალებით. სურათზე წარმოდგენილია გამოსაცვლელი კონდენსორის ერთ-ერთი მოდელის სქემა (სურ. 27).

კონდენსორის ამ მოდელში ხედვის ბნელი ველის მისაღებად გამოყენებულია ცენტრალური სხივები, პერიფერულ სხივებს კი

დიაფრაგმა არ გაატარებს. ამ შემთხვევაში სხივები ეცემა ლინზის შუა ნაწილში მდებარე სარკის ამოზნექილ ზედაპირს (3). მისგან არეკლის შემდეგ კი ხელმეორედ მთლიანად აირეკლება ლინზის გვერდითი ჩაზნექილი ზედაპირიდან. ეს ისევე ხდება, როგორც პარაბოლოიდ-კონდენსორში. საბოლოოდ. არეკლილი სხივები ერთ წერტილში (ფოკუსში) გროვდება კონის სახით კონდენსორის ზემოთ.

ნათელი ველის მისაღებად, პირიქით, დიაფრაგმით არ უშვებენ ცენტრალურ სხივებს, არამედ იყენებენ პერიფერულ სხივებს. უკანასკნელნი აირეკლებიან კონდენსორის ზემო ფრონტალურ ზედაპირიდან (სურ. 27. ნაჩვენებია პუნქტირით) და ეცემიან ემალის თეთრ ეკრანზე (2). ამ ეკრანიდან არეკლილი სხივები უკვე პირდაპირ მიიმართებიან ობიექტივისაკენ (1).



სურ. 27. გამოსაცვლელი კონდენსორის სქემა. განმარტება მოცემულია ტექსტში.

ციტოპლაზმის კოლოიდურ სტრუქტურასთან დაკავშირებული საკითხების შესასწავლად ხედვის ბნელ ველში მეტად გამოსადეგი აღმოჩნდა ქსოვილის კულტურები (იხ. ქსოვილის კულტურა).

ხედვის ბნელ ველში ჩატარებულმა მრავალმა გამოკვლევამ დაადასტურა, რომ ცხოველთა და მცენარეთა დაუზიანებელი ციტოპლაზმა ოპტიკურად ცარიელია და, ამრიგად, იგი წარმოადგენს ჰიდროფილურ კოლოიდს—ძლიერი ჰიდრატირებული ნაწილაკებით (ჰიდროფილურ კოლოიდების ნაწილაკები ულტრამიკროსკოპულად არ ჩანან, პირიქით, ჰიდროფობური კოლოიდის მიცელები ჩანან საკმარისად მკაფიოდ). ცოცხალ ციტოპლაზმაში კარგად ჩანს (პრიალებენ) მხოლოდ ჩართული ნივთიერებანი, რომლებიც არა სუბმიკროსკოპული, არამედ მიკროსკოპული სიდიდისანი არიან (ტაბ. II—1,3).

ხედვის ბნელ ველში დაკვირვებისათვის კონდენსორის გამოყენების დროს საჭიროა სათანადო წესების დაცვა. გამოსაკვლევ ობიექტს, საგნისა და საფარ მინებს უნდა ჰქონდეს გარკვეული სისქე; საჭიროა ყველა მათგანი განსაკუთრებით სუფთა იყოს და სხვა.

ხედვის ბნელ ველში გამოკვლევას საფუძვლად უდევს იგივე პოვლენა, რომელსაც ყოველთვის ვამჩნევთ, როცა მზის სხივები პატარა ხვრელით ბნელ ოთახში შეიჭრებიან. ამ დროს ჩვენ ვხედავთ მტვრის უწვრილეს ნაწილაკებს, რომლებსაც ჩვეულებრივ სინათლეში თვალი ვერ ამჩნევს; ვინაიდან საქმე ეხება სხივების დიფრაქციას, ამიტომ ყოველი წერტილი პრეპარატში ჩანს არა თავისთავად, არამედ მხოლოდ მისი დიფრაგირებული სხივებით გაშუქებული რგოლი, რომლის ირგვლივ ინტერფერირების გამო მდებარეობენ კიდევ ნათელი და ბნელი რგოლები. ნათელ რგოლებს ექნება მეტი ან ნაკლები სიკაშკაშე.

## ფაზურ-კონტრასტული მიკროსკოპია

ფიზიკური თეორია იხილავს სინათლეს, როგორც ტალღურ და კორპუსკულურ მოვლენას.

მიკროსკოპის თეორია ძირითადად ეყრდნობა ა ბ ე ს შრომებს, სადაც სინათლე განხილულია, როგორც ტალღური მოვლენა.

აბეს თეორიის თანახმად მიკროსკოპში გამოსახულება მიიღება სინათლის დიფრაქციის შედეგად.

დიფრაქციულ სპექტრში ინტენსივობის განაწილება დამოკიდებულია ნათელი და ბნელი ზოლების სიგანისა და აგრეთვე მათ ოპტიკურ სიმკვრივეთა შეფარდებაზე.

მიკროსკოპირების თვალსაზრისით უნდა გარჩეულ იქნას ობიექტების ორი სახე:

1. ობიექტები, რომელთა სინათლის შთანთქმის უნარი სხვადასხვა უბანში ერთნაირია, იცვლება მხოლოდ მათი სისქე, ანუ ოპტიკური სიმკვრივე. ასეთი ობიექტები არ ცვლიან მათში გატარებული სხივის ინტენსივობას, არამედ ცვლიან მხოლოდ რხევის ფაზას[1]. რადგან რხევის ფაზის შეცვლა თვალით შეუმჩნეველია და არც შეიძლება მისი გადაღება ფოტოფირფიტაზე, ამიტომ ასეთი ობიექტები მიკროსკოპში არ ჩანს. მათ უწოდებენ ფაზურ პრეპარატებს.

როგორც ცნობილია, პრეპარატში გავლილი სხივის რხევის ფაზა იცვლება პრეპარატის სხვადასხვა მიდამოს სისქის, ანუ ოპტიკური სიმკვრივის პროპორციულად. ფაზურ პრეპარატებს ეკუთვნის ყველა შეუღებავი არაკონტრასტული ობიექტი.

2. ობიექტები, რომელთა სინათლის შთანთქმის უნარი სხვადასხვა მიდამოში არ არის ერთნაირი. ასეთი ობიექტები მათში

---

[1] ფაზა ეწოდება ტალღის წარმოშობის ადგილიდან სხვადასხვა მანძილით დაშორებული წერტილის ამა თუ იმ მდებარეობას.

გატარებულ სინათლეს უცვლიან ინტენსივობას, ე. ი. ცვლიან სინათლის ტალღაში რხევის ამპლიტუდის სიდიდეს, რომელიც განსაზღვრავს ინტენსივობას; ამიტომ მათ უწოდებენ „ამპლიტუდურ“ [1] ობიექტებს. ასეთ ობიექტებს წარმოადგენენ შეღებილი პრეპარატები. მათი გამოსახულება მეტნაკლებად კონტრასტულია.

ბიოლოგიურ ობიექტების მიკროსკოპირების ჩვეულებრივ პრაქტიკაში ჩვენ არ ვხვდებით არც წმინდა „ამპლიტუდურ“, არც წმინდა „ფაზური“ პრეპარატებს; ჩვენ საქმე გვაქვს ორივე მათგანის კომბინაციასთან. ამ კომბინაციაში ჭარბობს ან ერთი, ან მეორე კომპონენტი.

ფაზური კონტრასტების მეთოდი იმაში მდგომარეობს, რომ მისი დახმარებით მიკროსკოპში მივიღოთ ისეთი კონტრასტული გამოსახულება, რომელშიაც ინტენსივობის განაწილება შეესაბამება ობიექტივში ფაზების განაწილების სხვაობას. ამ შემთხვევაში მოსახერხებელია მიკროსკოპში თვალისათვის „უჩინარი“ ობიექტების დანახვა.

როგორც თეორიულად, ისე პრაქტიკულად ეს სავსებით შესაძლებელია. ამისათვის საჭიროა ხელოვნურად შეიცვალოს ფაზური მესერის მიერ მოცემული სპექტრი იმგვარად, რომ იგი წააგავდეს ამპლიტუდური მესერის სპექტრს.

ამ მიზნით ობიექტივის ფოკალურ სიბრტყეში ათავსებენ ბეჭდის ფორმის ფაზურ ფირფიტას, რომელიც ფარავს ე. წ. ცენტრალურ მაქსიმუმებს—50%-ით ამცირებს ინტენსივობას და 90°-ით ცვლის მის ფაზას.

ამის შედეგად პრეპარატის ფაზური ელემენტების გამოსახულება კონტრასტული ხდება.

ამრიგად, ფაზურ-კონტრასტული მიკროსკოპია საშუალებას იძლევა ხედვის ნათელ ველში დავინახოთ ცოცხალი და შეუღებავი ობიექტის კონტრასტული გამოსახულება (ტაბ. II—5,ა).

ფაზური კონტრასტების მეთოდით დაკვირვებისათვის საჭიროა:

1. სპეციალური ობიექტივები—აქრომატები (სურ. 28, დ).

2. სპეციალური რევოლვერული კონდენსორი დიაფრაგმებით (სურ. 28, ა) და

3. სპეციალური დამხმარე მიკროსკოპი (სურ. 28 დ).

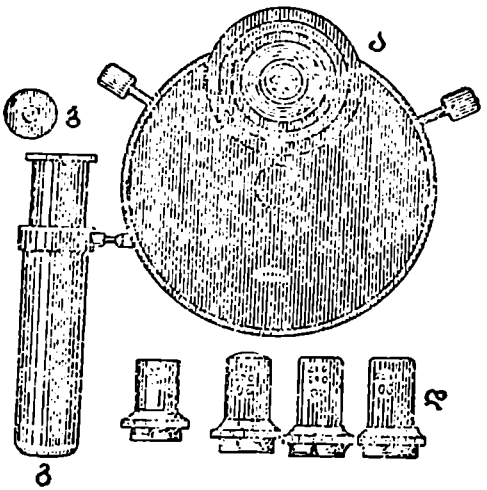
1. სპეციალური ობიექტივი ჩვეულებრივისაგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ ობიექტივის გამოსასვლელი გუგის სიბრტყეში

---

[1] ამპლიტუდა ;წოდება ფაზის დაშორების მანძილს ტალღის ერთ ან მეორე მხარეზე.

მოთავსებულია ფაზური რგოლი, რომელიც ცვლის ნულოვანი მაქ-სიმუმის ფაზას 90°-ით და ამცირებს მის ინტენსივობას. ასეთი ობიექტივის ჩარჩოს აქვს წარწერა Ф—რაც ნიშნავს ფაზურს. ფა-ზური ობიექტივების ხმარება ჩვეულებრივი (არაფაზური) დაკვირვე-ბის დროს მიზანშეუწონელია.

2. ფაზურ-კონტრასტული კონდენსორიც არ განირჩევა თავისი ოპტიკური თვისებებით ჩვეულებრივისაგან, მხოლოდ იმ განსხვავე-ბით, რომ მის ფოკუსურ სიბრტყეში მოთავსებულია რგოლისებრი დიაფრაგმები, რომელთა გამოსაცვლელად (თითოეულ ობიექტი-ვისათვის ცალკე დიაფრაგმაა განკუთვნილი) გათვალისწინებულია




სურ. 28. ა—ფაზური კონდენსორი რევოლვე-რით, ბ—სპეციალური დიაფრაგმა, გ—სპეცია-ლური დამხმარე მიკროსკოპი, დ—ფაზურ-კონტრასტული ობიექტივების წყება.

სპეციალური რევოლვერი. გარდა ამისა, რევოლვერის ფირფიტაში სპეციალური ხვრელია სინათლის გასატარებლად, ხოლო ამ ფირფი-ტის ქვეშ მოთავსებულია ირის-დიაფრაგმა. ამრიგად, ასეთი კონ-დენსორი გამოსადეგია ჩვეულებრივი მეთოდით დაკვირვებისათვისაც.

3. სპეციალური დამხმარე მიკროსკოპი (МИР-4) იხმარება რგო-ლისებური დიაფრაგმის ცენტრირებისათვის ობიექტივში მდებარე ფაზური ფირფიტის მიმართ. იგი თავსდება ტუბუსში ოკულარის ნაც-ვლად, ცენტრირების დამთავრების შემდეგ კი მას კვლავ ამოიღებენ.

გარდა ფაზურ-კონტრასტული მიკროსკოპისა შეუღებავ ობიექტებს იკვლევენ კიდევ ე. წ. ინტერფერენციულ მიკროსკოპში.

## ინტერფერენციული მიკროსკოპი

ბიოლოგიური ობიექტების ინტერფერენციულ მიკროსკოპში გასინჯვა აგრეთვე დამოკიდებულია ობიექტიში გავლილი სინათლის ტალღის ფაზური ცვლილებებისაგან.

ამ დროს ობიექტის პირვანდელი არაკონტრასტული გამოსახულება უცვლელი რჩება, მეორადი გამოსახულების მიღების დროს კი მას ემატება მეორე, რამდენიმედ, შეცვლილი ფაზის მქონე სინათლის ტალღა.

ამ შემთხვევაში ერთმანეთს ხვდება ერთი და იგივე წყაროდან გამოსული სინათლის ორგვარი ტალღა: ერთი მხრივ, სინათლის ტალღა, რომელიც ინარჩუნებს პირვანდელ ფაზას. ეს ფაზა ერთნაირია ხედვის ველის ყველა წერტილში, ხოლო მეორე მხრივ, სინათლის ტალღა, რომელმაც ობიექტის სათანადო წერტილებში განიცადა ფაზის შეცვლა. ამ ორგვარი—შეუცვლელი და შეცვლილი ფაზის მქონე სინათლის ტალღების ინტერფერენციის შედეგად წარმოიშობა კონტრასტული გამოსახულება. ინტერფერენციის დროს, ტალღის დიდი დიაპაზონის შემცველი თეთრი სინათლით გაშუქებისას, ობიექტში ზოგჯერ შეიძლება წარმოიშვას შეღებილი გამოსახულებაც.

ინტერფერენციული მიკროსკოპი ფაზურ-კონტრასტულ მიკროსკოპთან შედარებით დამატებით შეიცავს ნაპრალისებრ დიაფრაგმას და ინტერფერენციულ ფირფიტას. პირველი თავსდება კონდენსორის ქვემოთ, მეორე კი ობიექტივის უკანა ფოკუსურ სიბრტყეში. სწორედ ინტერფერენციულ ფირფიტაში დიფრაქციის შედეგად წარმოიშობა ზემოთ აღნიშნული სინათლის დამატებითი ტალღა.

ინტერფერენციული მიკროსკოპი არ საჭიროებს სპეციალურ ობიექტივებს. აქ გამოყენებულია ჩვეულებრივი აქრომატული ობიექტივები და ინტერფერენციული მიკროსკოპირებისათვის საჭირო დამატებითი ხელსაწყოების კომპლექტი.

ინტერფერენციულ მიკროსკოპის ნაწილებს შეადგენენ: 1. ბიოლოგიური მიკროსკოპი (МБИ—1, МБИ—3 ან МБИ—4 ); 2. სპეციალური ჩამოსაცმელი, რომელიც თავსდება მიკროსკოპის რევოლვერსა და ოკულარის დახრილ მილს შორის; 3. სპეციალური

კონდენსორი, რომელიც წააგავს ფაზურ-კონტრასტული მიკროსკოპის კონდენსორს და 4. დამხმარე მიკროსკოპი (МИР—4).

ფაზურ-კონტრასტული მიკროსკოპირების დროს საჭირო მანიპულაციების გარდა, ინტერფერენციული მიკროსკოპის გამოყენებისას საჭიროა ე. წ. კომპენსატორის რეგულირება, რომელიც მოთავსებულია ჩამოსაცმელის ზემო ნაწილში. კომპენსატორის რეგულირებით შესაძლებელია ფაზისა და ფაზური რგოლის ამპლიტუდის ხელსაყრელი მნიშვნელობის შერჩევა.

## ULTRAIISFERI MIKROSKOPI

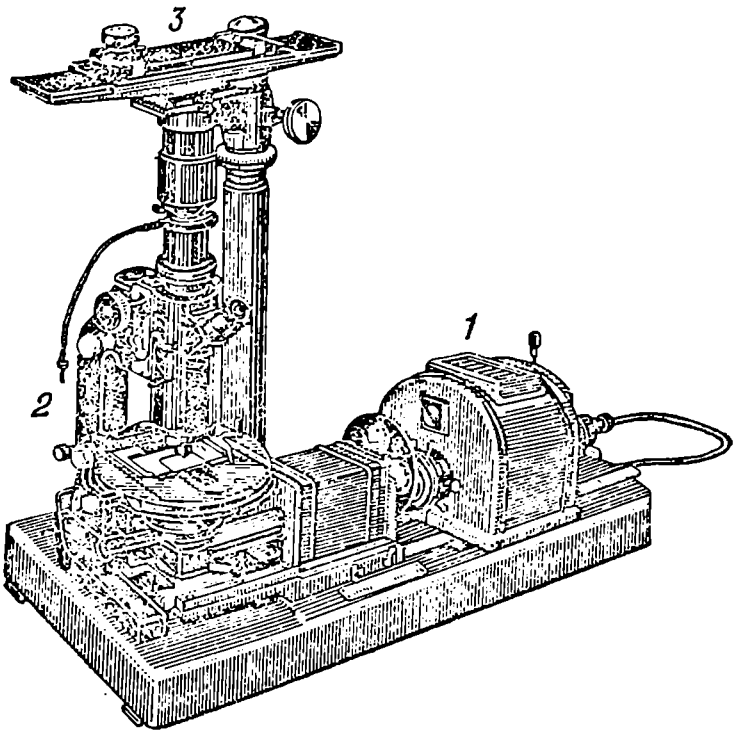
როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მიკროსკოპის გარჩევის უნარი მატულობს გამოყენებული სინათლის ტალღის სიგრძის შემცირებასთან ერთად. სინათლის მიკროსკოპში იყენებენ სინათლის სპექტრის ხილულ უბანს, რომლის ფარგლებშიაც სინათლის ტალღის სიგრძე მერყეობს 3800-დან 7500 Å-მდე. სპექტრის უხილავ უბანში კი სინათლის ტალღის სიგრძე მერყეობს 1200-დან 3800 Å-მდე. მაშასადამე, სპექტრის ამ ნაწილის გამოყენების შედეგად შესაძლებელია ორჯერ და მეტად გაიზარდოს მიკროსკოპის თვისება—გარჩევის უნარი.

პირველად ულტრაიისფერი სხივები გამოყენებული იყო სწორედ მიკროსკოპის გარჩევის უნარის გასადიდებლად. ამჟამად კი ულტრაიისფერი მიკროსკოპი გამოყენებულია შეუღებავი ბიოლოგიური ობიექტების, კერძოდ, ჰისტოლოგიური პრეპარატების სტრუქტურის გამოსაკვლევად, ვინაიდან აღმოჩნდა, რომ ბევრ ნივთიერებას ახასიათებს ამა თუ იმ სიგრძის ულტრაიისფერი ტალღების შთანთქმის უნარი. გარდა ამისა, ამავე საფუძველზე შესაძლებელი გახდა ცოცხალ ობიექტებში წვრილი ნაწილაკების ქიმიური შემადგენლობის გარკვევა (ჰისტოქიმიური გამოკვლევა). ამ მიმართულებით რიგ შემთხვევაში შესაძლებელი გახდა იმის დადგენა, თუ რომელ ჰისტოლოგიურ სტრუქტურასთან არის დაკავშირებული ნივთიერებათა ცვლის ესა თუ ის მომენტი.

ამგვარად, ულტრაიისფერი მიკროსკოპის გამოყენებამ გარკვეულ ნაწილში გააერთიანა ჰისტოლოგიისა და ბიოქიმიის კვლევის ინტერესები.

ამჟამად არსებობს ულტრაიისფერი მიკროსკოპის გაუმჯობესებული მოდელი МУФ—2 (სურ. 29), რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია მიკროსკოპული პრეპარატების გამოკვლევა 250-დან —400 *m*μ-მდე ტალღის სიგრძის ულტრაიისფერი სხივებით.

დასახელებულ ულტრაიისფერ მიკროსკოპში გამოყენებულია კვარცის და სარკე-ლინზიანი ობიექტივები, როგორც ფოტოგრაფირების, ისე ვიზუალური დაკვირვებისათვის. გარდა ამისა, ულტრაიისფერ მიკროსკოპს დართული აქვს აქრომატული ობიექტივები ხილული სინათლით სარგებლობისათვის და ოკულარების წყება როგორც ფოტოგრაფირების, ისე ვიზუალური დაკვირვებისათვის.




სურ. 29. ულტრაიისფერი მიკროსკოპი. 1—სინათლის წყარო, 2—მიკროსკოპი ულტრაიისფერი სხივების გამავალი ოპტიკით, 3—მიკროფოტოაპარ-ტი.

სინათლის წყაროდ დიდი წნევის ქვეშ იყენებენ სინდიყის ორთქლით სავსე ნათურას СВДШ—250—3, რომელიც იძლევა ულტრაიისფერი სპექტრის გრძელ ტალღებს (250 *mμ*-დან—400 *mμ*-მდე). სპექტრის სხვადასხვა მიდამოში სხივების ვიწრო კონის გა-

მოსაყოფად იხმარება სპეციალური მინისაგან დამზადებული ფილტრები.

ადამიანის მხედველობის ორგანოს შემგრძნობი აპარატის აღქმის უნარის მიხედვით ულტრამიკროსკოპირების დროს იყენებენ სამი ფერის: წითელი, მწვანე და ლურჯი ფერის ფილტრებს.

წითელს-365 *mμ* სიგრძის ტალღისათვის, მწვანეს-313 *mμ* სიგრძის ტალღისათვის და ლურჯს—280—265 *mμ* სიგრძის ტალღისათვის.

ბიოლოგთათვის უფრო საინტერესოა სპექტრის იმ უბნის გამოყენება, რომელიც წარმოდგენილია 250—300 *mμ* სიგრძის ტალღებით.

ვ ი ზ უ ა ლ უ რ ი დ ა კ ვ ი რ ვ ე ბ ა. იმ მიზნით, რომ ულტრაიისფერ მიკროსკოპში (МУФ-3) უხილავი ობიექტი დასანახი გახდეს, სარგებლობენ მის ტუბუსში მოთავსებულ ამოსართავ ლუმინესცენტური გარდამქმნელით. ამ გარდამქმნელის სპეციალური კვარც-ფლუორიტის ოპტიკის საშუალებით გამოსახულება ეცემა მაფლუორესცირებელ ეკრანს, რომელსაც უნზერენ თანდართული ჩვეულებრივი მიკროსკოპით.

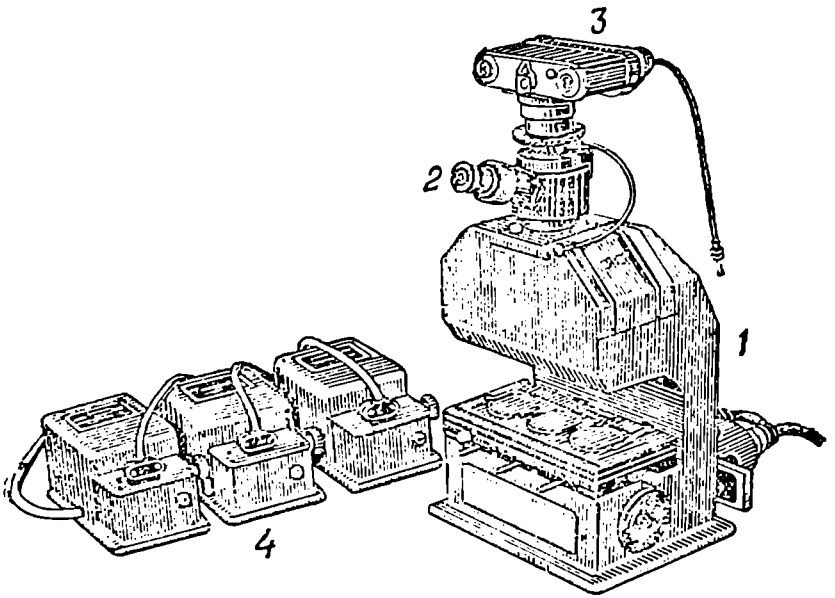
ფ ე რ ა დ ი ტ რ ა ნ ს ფ ო რ მ ა ც ი ი ს მ ე თ ო დ ი. ამ მეთოდის გამოყენებისას ჯერ გადაიღებენ მიკროფოტოაპარატით პრეპარატის ერთი და იგივე ადგილს სამი სხვადასხვა სიგრძის ტალღის მქონე ულტრაიისფერი სხივებით; შემდეგ ნეგატივებისაგან ამზადებენ პოზიტივებს. ბოლოს ქრომოსკოპის საშუალებით პოზიტივებისაგან (სათანადო ფილტრების გამოყენებით) ღებულობენ ერთიან ფერად სურათს, რომელსაც ათვალიერებენ ვიზუალურად ან გადაღებულს ფერად ფოტოფირფიტაზე.

**ქრომოსკოპი** წარმოადგენს ისეთ ხელსაწყოს (სურ. 30), რომელიც ზემოთ აღნიშნულ შავ-თეთრ ფერში გადაღებულ ფოტოსურათს გარდაქმნის ფერად გამოსახულებად.

ქრომოსკოპში არჩევენ კორპუსს (1), რომლის ამონაჭდევში მოთავსებულია სამხვრელიანი მაგიდა. ქრომოსკოპის მაგიდის ქვეშ მოთავსებულია სამი გამშუქებელი ნათურა, მათ ზემოთ—ამდენივე კონდენსორი და შუქფილტრი. ქრომოსკოპის ზემო ნაწილში მოთავსებულია რთული ოპტიკა, რომლის ფუნქციას შეადგენს სამი პოზიტიური სურათის გაერთიანება და ერთი ფერადი სურათის მოცემა. ქრომოსკოპის ზემო ნაწილშივე მოთავსებულია ობიექტივი და მის ზემოთ ამრეკლავი პრიზმი, რომლის საშუალებით სხივები მიიმართებიან მიკროსკოპში ქრომოსკოპული გამოსახულების ვი-

ზუალური დაკვირვებისათვის (2) და ფოტოაპარატში (3). ქრომოსკოპში მიკროსკოპი გვერდიდანაა ჩაკეთებული.

პრეპარატის სხვადასხვა მიდამო შთანთქავს ერთ ან რამდენიმე სხვადასხვა სიგრძის ულტრაიისფერ ტალღებს ან შთანთქავს მათ სხვადასხვა ხარისხით. ამის გამო, პოზიტივების გაშავებული მიდამოები არ გაატარებს ერთი ან ორი ფილტრის შესაბამისი




სურ. 30. ქრომოსკოპი: 1—კორპუსი, რომელშიაც არიან ზემო და ქვემო ნაწილები.

ქვემო ნაწილში ჩართულია გამშუქებელი სისტემა (სამი ნათურა, სამი კონდენსორი და სამი შუქფილტრი) და მაგიდა, რომელიც შეიცავს სამ ხვრელს მასზე პოზიტივების მოსათავსებლად.

ზემო ნაწილი შეიცავს სამი სწრაფის გამაერთიანებელ ოპტიკურ სისტემას.

2—ჩვეულებრივი მიკროსკოპი ქრომოსკოპული გამოსახულების ვიზუალური დაკვირვებისათვის. 3—მიკროფოტოაპარატი, ფერადი მიკროსურათის გადასაღებად. 4—ტრანსფორმატორები შიგ ჩაკეთებული რეოსტატებით.

სიგრძის ტალღებს. თუ ერთი ფერის სხივები შთანთქმულ იქნა პრეპარატის ამა თუ იმ ნაწილაკის მიერ, მაშინ მისი გამოსახულება წარმოდგენილი იქნება დანარჩენი ორი ფილტრის ფერში, ე. ი. მიიღება პრეპარატის სათანადო ნაწილის ფერადი გამოსახულება. თუ ორი ფერის სხივი იქნა შთანთქმული, მაშინ გამოსახულება

მიიღება იმ სხივების ხარჯზე, რომლებმაც მხოლოდ ერთ ფილტრში გაიარეს.

სხვადასხვა ხარისხით შთანთქმული ამა თუ იმ სიგრძის ტალღები მოგვცემენ სათანადო ფერების სხვადასხვა ელფერს. სამივე სიგრძის ტალღების შთანთქმის შემთხვევაში პრეპარატის სათანადო ნაწილი შავი იქნება.

## ილუმინატორი

ილუმინატორი[1] იხმარება დაცემული სინათლით არაგამჭვირვალე ან ნახევრადგამჭვირვალე ობიექტის ზედაპირის გასაშუქებლად.

არსებობს ორი სახის ილუმინატორი:

ერთ მათგანში სინათლის სხივების კონა მიკროსკოპის ტუბუსში გაივლის და ეცემა გამოსაკვლევ ობიექტს (ვერტიკალური გაშუქება).

მეორე სახის ილუმინატორში ობიექტი შუქდება გვერდიდან, მიკროსკოპის გარეშე (გვერდითი მიშუქება).

ვერტიკალური გაშუქებით ძლიერად ნათდება ობიექტის ზედაპირულად მდებარე ბრტყელი ზედაპირები; ამავე დროს შედარებით დაბნელებულია მისი ჩაღრმავებული მიდამოები. გვერდითი მიშუქების დროს კი, პირიქით, ობიექტის ზედაპირული ბრტყელი ზედაპირები ბნელია, ხოლო ღრმად მდებარე—ნათელი.

ამგვარად, ვერტიკალური და გვერდითი მიშუქებით მიღებული სურათები ერთიმეორეს ისე ეფარდება, როგორც პოზიტივი ნეგატივს.

ვერტიკალურთან შედარებით გვერდითი მიშუქება უფრო სუსტ ეფექტს იძლევა, ამიტომ მას იყენებენ საგნის მხოლოდ 150-ჯერ გადიდებამდე. უფრო დიდი გადიდების დროს კი იყენებენ ვერტიკალურ გაშუქებას.

ვერტიკალური გაშუქების დროს სინათლე ტუბუსში შედის გვერდიდან, ობიექტივის ზემოთ მდებარე განსაკუთრებული ხვრელით.

ვერტიკალური გაშუქება გამოყენებულია ოპაკ-ილუმინატორში და ულტროპაკში, რომლებიც აქვე იქნება აღწერილი.

ოპაკ-ილუმინატორში სინათლე შედის გვერდიდან და დაეცემა ტუბუსში მდებარე მინის ფირფიტას, რომელიც 45°-ის კუთხით არის დახრილი ობიექტის მიმართ, ან პრიზმას.

---

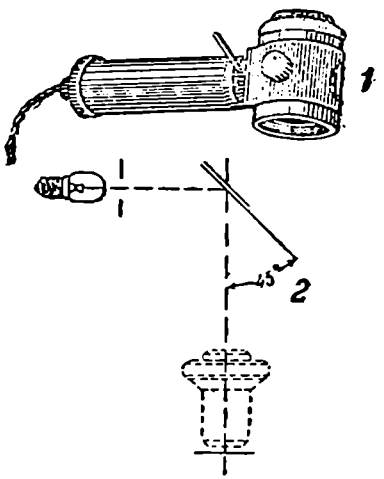
[1] (ლათ. ილუმინო— ვაშუქებ).

მინის ფირფიტიდან არეკლვის ან პრიზმაში გარდატეხის შემდეგ სინათლე გაივლის ობიექტივში და დაეცემა ობიექტს.

ოპაკ-ილუმინატორით ობიექტის დათვალიერებისათვის საკი როა სინათლის ძლიერი წყარო.

ოპაკ-ილუმინატორთან შედარებით უფრო გაუმჯობესებულია ე. წ. ულტროპაკი (სურ. 31, 1). ულტროპაკში ობიექტი უფრო კარგად არის განათებული და გარდა ამისა, იგი საგანს უფრო მკაფიოდ გამოსახავს.

გვერდიდან შემოსული სინათლე ულტროპაკში ეცემა ხვრელის მქონე განსაკუთრებულ სარკეს (სურ. 31, 2), რომელიც ობიექტის მიმართ 45°-ით არის დახრილი. სარკეზე დაცემული სინათლე არეკლვის შემდეგ მიიმართება ობიექტივის გარშემო მდებარე რგოლისებრ კონდენსორში, ხოლო კონდენსორის გავლის შემდეგ —გამოსაკვლევი ობიექტისაკენ.

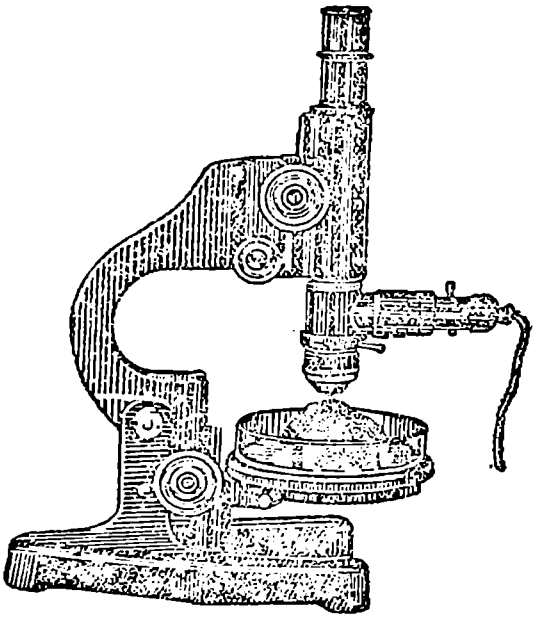



სურ. 31. 1—ულტროპაკი, 2—სინათლის მსვლელობის სქემა. განმარტება მოცემულია ტექსტში.

ულტროპაკში შეიძლება გამოყენებულ იქნას იმერსიული ობიექტივებიც, რომლებსაც საპირეების დროს მიახრახნიან ულტროპაკის სათანადო რგოლისებრ კონდენსორს. ულტროპაკის კონდენსორი მოძრაობს ზემოთ და ქვემოთ, რაც ხელს უწყობს ობიექტის ზედაპირულ და ღრმად მდებარე ნაწილების დათვალიე-

რებას. ულტროპაკში ყოველი ობიექტივი წარმოადგენს ობიექტი-ვისა და ილუმინატორის რთულ შეერთებას (სურ. 32).

ოპაკ-ილუმინატორთან და ულტროპაკთან შედარებით უფრ.ი გაუმჯობესებულ ილუმინატორს წარმოადგენს პანოპაკი.



სურ. 32. დასაოვალიერებელი ობიექტის მდებარეობა ულტროპაკში.

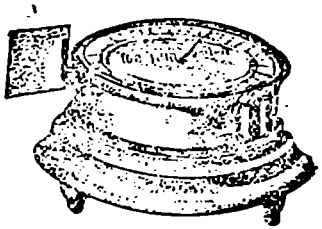
გვერდითი მიშუქების დროს სინათლის წყარო მოთავსებულია მიკროსკოპის გარეთ. ამ შემთხვევაში სინათლის სხივი .გამოსაკვლევი ობიექტის მიმართ 45°-ით არის დახრილი.

## საფარი და სასაგნე მინის სისქის გაზომვა

დიდი გამადიდებლობის ობიექტივები, განსაკუთრებით იმერსიული ობიექტივები, გაანგარიშებულია განსაზღვრული სისქის საფარი მინის მიმართ. გარდა ამისა, ულტრამიკროსკოპული გამოკვლევის დროს, როგორც აღნიშნული იყო, იყენებენ გარკვეული სისქის საფარ და სასაგნე მინებს. საფარი მინის სისქეს მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე პრეპარატის მიკროფოტოგრაფირების დროს.

სასაგნე და საფარი მინის სისქის გაზომვა შესაძლებელია სპეციალური ხელსაწყოთი ე. წ. ტასტერით (სურ. 33) ან სხვა რომელიმე სისტემის მიკრომეტრით.

ტასტერი წარმოადგენს კონტაქტური მეთოდით ხაზოვანი სიდიდის გასაზომ ბერკეტიან ხელსაწყოს, მას აქვს მრგვალი ციფერ-ბლატი, რომელზედაც მოძრაობს ისარი. გასაზომ მინას ათავსებენ ორი ბერკეტის საბჯენებს შორის. მინის სისქის მიხედვით ისარი მოძრაობს ციფერბლატზე და უჩვენებს მინის სისქეს. ციფერბლატის თითო დანაყოფი უდრის 0,01 მილიმეტრს.



სურ. 33. ტასტერი. განმარტება მოცემულია ტექსტში.

რადგან ხშირად მინის სისქე ყველგან ერთნაირი არაა, ამიტომ სასაგნე და საფარი მინის გაზომვა საჭიროა რამდენიმე ადგილას.

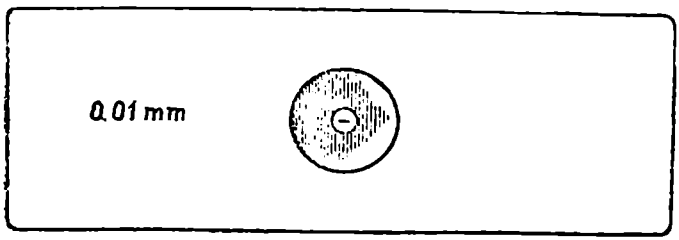
ობიექტიები ჩვეულებრივ კორეგირებულია 0,15—0,20 მმ სისქის საფარი მინების მიმართ.

საფარი მინებისათვის ნორმალურ სისქედ ითვლება 0,17 მმ.

## მიკროსკოპული პრეპარატის გაზომვა (მიკრომეტრია)

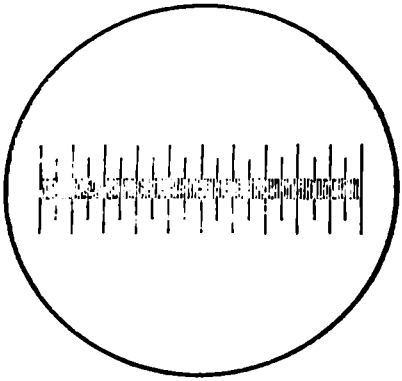
მიკროსკოპული პრეპარატის გაზომვისათვის არსებობს ორი ხელსაწყო: ობიექტმიკრომეტრი და ოკულარმიკრომეტრი.

ობიექტმიკრომეტრი (სურ. 34) წარმოადგენს სასაგნე მინას, რომლის ცენტრში მოთავსებულია. მასზე კანადის ბალზამით დაწებებული ბრგვალი ფორმის საფარი მინა. საფარ მინაზე აღნიშნულია სკალა, (სურ. 35, ბ) ერთი მილიმეტრი დაყოფილია 100 ტოლ ნაწილად, ე. ი სკალის თითოეული დანაყოფი უდრის




სურ. 34. ობიექტმიკრომეტრი. განმარტება მოცემულია ტექსტში.

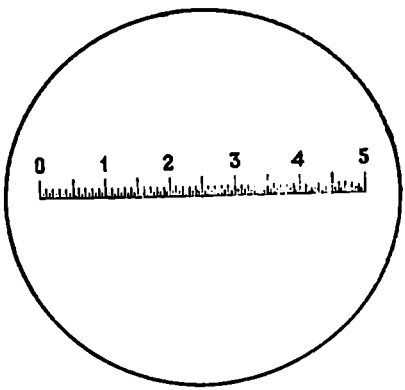
10 მიკრონს. ობიექტმიკრომეტრით სარგებლობის გასაადვილებლად 100 დანაყოფიან სკალაზე თითოეული 5 და 10 დანაყოფი გამოყოფილია უფრო თვალსაჩინოდ. ერთეულ დანაყოფებთან შედარებით, ხუთეული დანაყოფები უფრო გრძელი ხაზებითაა ერთმანეთისაგან გამოყოფილი, ხოლო ათეულ დანაყოფებს შორის ხაზები კიდევ უფრო გრძელია.



სურ. 35. ობიექტივმიკრომეტრის სკალა.

ოკულარმიკრომეტრი წარმოადგენს მინის მრგვალ ფირფიტას (სურ. 36). მისი დიამეტრი ჩვეულებრივ უდრის 1,9 სანტიმეტრს (ზოგჯერ ოკულარმიკრომეტრი წარმოდგენილია ორი ასეთი ერთმანეთთან შეწებებული მინის ფირფიტით). ისევე როგორც ობიექტმიკრომეტრში, ოკულარის მრგვალ მინასაც აქვს სკალა (ოკულარმიკრომეტრი ხაზოვან დანაყოფების ნაცვლად შეიძლება დახაზული იქნას სხვაგვარად, მაგ., ბადისებრ). ობიექტ-

მიკრომეტრის სკალისაგან განსხვავებით, ოკულარმიკრომეტრის სკალის დანაყოფების მნიშვნელობა არ არის განსაზღვრული. ეს დანაყოფები ნებისმიერია. ხშირად ოკულარმიკრომეტრში ერთი სანტიმეტრი დაყოფილია 100 ნაწილად, ე. ი. თითოეული მისი დანაყოფი უდრის 100 მიკრონს. ასეთი დანაყოფები (100 მიკრონი) გამოყოფილია ერთიმეორისაგან შედარებით მოკლე ხაზით. ხუთეულები და ათეულები კი თავის მხრივ

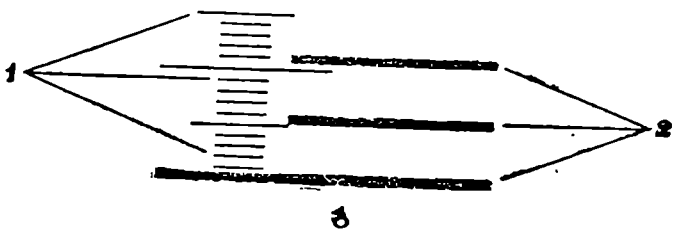



სურ. 36. ოკულარული მიკრომეტრის სკალა. განმარტება მოცემულია ტექსტში.

უფრო გრძელი ხაზებით, ისევე, როგორც ობიექტმიკრომეტრის სკალაზე. როგორც აღვნიშნეთ, ამ დანაყოფებს აქვთ ფარდობითი და არა აბსოლუტური მნიშვნელობა.

მიკროსკოპული პრეპარატის გაზომვისათვის პირველ რიგში საჭიროა ობიექტმიკრომეტრის საშუალებით გამოირკვეს ოკულარმიკრომეტრის დანაყოფის მნიშვნელობა. ამისათვის ოკულარის დიაფრაგმაზე ათავსებენ ოკულარმიკრომეტრს, მიკროსკოპის მაგიდაზე კი ობიექტმიკრომეტრს და ობიექტმიკრომეტრის დანაყოფების ცნობილი სიგრძის მიხედვით (როგორც ვიცით, ობიექტმიკრომეტრის თითო დანაყოფი უდრის 10 მიკრონს) საზღვრავენ ოკულარმიკრომეტრის დანაყოფებს შორის მდებარე უცნობ მანძილს.

პრაქტიკულად იქცევიან შემდეგნაირად: ხედვის ველში ნებისმიერ შეარჩევენ ობიექტმიკრომეტრის რამდენიმე დანაყოფს, რომლებიც უპირისპირდებიან ოკულარული მიკრომეტრის თანხვდენილ ორ ხაზს (სურ. 37). გაზომავენ დასახელებულ თანხვდენილ ხაზებს შორის მანძილს მიკრონებში ობიექტმიკრომეტრის დანაყოფების დათვლის მიხედვით და მიღებულ რიცხვს ჰყოფენ იმავე




სურ. 37. ობიექტმიკრომეტრის (მარცხნივ) 11 დანაყოფი ემთხვევა ოკულარმიკრომეტრის (მარჯვნივ) 2 დანაყოფს.

თანხვდენილ ხაზებს შორის მდებარე ოკულარმიკრომეტრის დანაყოფების რაოდენობაზე. გაყოფის შედეგად მიღებული რიცხვი უდრის მანძილს ოკულარმიკრომეტრის მცირე დანაყოფებს შორის. ამის შემდეგ მიკროსკოპის მაგიდაზე ობიექტმიკრომეტრის ნაცვლად დებენ პრეპარატს და მისი რომელიმე მიდამოს გასაზომად გადათვლიან მასზე დამთხვეულ ოკულარმიკრომეტრის დანაყოფების რაოდენობას და ამ ციფრს აძრავლებენ თითოეული დანაყოფის მნიშვნელობაზე, რაც წინასწარ უკვე იყო განსაზღვრული.

ოკულარმიკრომეტრის დანაყოფების მნიშვნელობა მიკროს-

კოპის ყოველი გამადიდებლობისათვის ცალკე უნდა იქნეს განსაზღვრული.

მაგალითი 1. ვთქვათ (ობიექტივი 10×, ოკულარი 7×) ობიექტმიკრომეტრის 70 დანაყოფი დაფარა ოკულარმიკრომეტრის 35 დანაყოფმა. ვინაიდან ობიექტმიკრომეტრის დანაყოფებს შორის მანძილი უდრის 10 მიკრონს, ობიექტმიკრომეტრის 70 დანაყოფის მანძილი იქნება $70 \times 10 = 700$ მიკრონი. ამ რიცხვს ვყოფთ 35-ზე. ე. ი. ოკულარმიკრომეტრის დათვლილ დანაყოფების რაოდენობაზე $\frac{700}{35}$, რაც გვაძლევს 20-ს. ამრიგად, ამ შემთხვევაში ოკულარმიკრომეტრის თითოეული დანაყოფი უდრის 20 მიკრონს.

მაგალითი 2. ვთქვათ, (ობიექტივი 40×, ოკულარი 7×) ობიექტმიკრომეტრის 23 დანაყოფი დაფარა ოკულარმიკრომეტრის 50-მა დანაყოფმა. ობიექტმიკრომეტრის 23 დანაყოფის მანძილი უდრის $23 \times 10 = 230$ მიკრონს. ამ ციფრს ვყოფთ ოკულარმიკრომეტრის დანაყოფების რიცხვზე, ე. ი. 50-ზე $\frac{230}{50} = 4{,}6$, ე. ი. ამ შემთხვევაში ოკულარმიკრომეტრის ერთი დანაყოფი უდრის 4,6 მიკრონს. ბ ცირე გადიდების დროს მოსახერხებელია ისეთი ობიექტმიკრომეტრის ხმარება, რომელზედაც 1 სანტიმეტრი დაყოფილია მილიმეტრის მეათედებად.

მეტი ზუსტი გაზომვისათვის იყენებენ მხოლოდ ხედვის ველის ცენტრალურ მიდამოს, განსაკუთრებით კომპენსაციური ოკულარების ხმარების. დროს.

## მიკროსკოპის გამამუქებელი ელექტრონათურა

მიკროსკოპის გამამუქებელი ელექტრონათურა (მოდელი—ОИ—7) შედგება ელექტრონათურისა, ორლინზიან კონდენსორისა და დიაფრაგმისაგან (სურ. 38). ნათურა გამაგრებულია შტატივზე, სადაც იგი შეიძლება დაიხაროს სხვადასხვა კუთხით.

ელექტრონათურა შეიძლება გამოყენებულ იქნას სამუშაოდ როგორც სინათლის გამტარ პრეპარატების, ისე დაცემულ სინათლეზე არაგამჭვირვალე პრეპარატების დასათვალიერებლად, მაგ., ილუმინატორით მიკროსკოპიის დროს (გვ. 54). ნათურას თან ახლავს ტრანსფორმატორი.

## სახატავი აპარატი

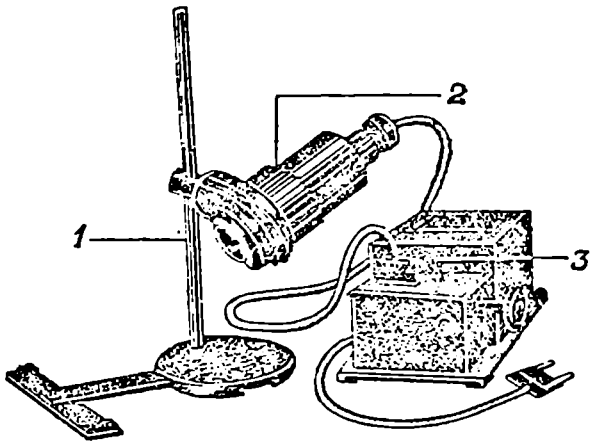
სახატავი აპარატის საშუალებით შესაძლებელია:

1. მიკროსკოპული პრეპარატიდან ობიექტის მთლიანად ან

მისი რომელიმე მიდამოს (პრეპარატის სიდიდის მიხედვით) სტრუქ-ტურის მეტი თუ ნაკლები სიზუსტით გადმოხატვა და

2. მიკროსკოპის გადიდების უნარის ცოტად თუ ბევრად ზუსტი განსაზღვრა.

აქ ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ პირველ საკითხს. მეორე საკითხის შესახებ ცნობები წარმოდგენილია ზემოთ (იხილე „მიკრომეტრია“).




სურ. 38. გამაშუქებელი ელექტრონათურა (მოდელი —7). 1—შტატივი, 2—ელექტრონათურა კონდენსატორით, 3—ტრანსფორმატორი.

სახატავი აპარატი (სურ. 39) შედგება ორი ურთიერთ შეწებებული სწორკუთხოვანი პრიზმისაგან, ბრტყელი სარკისაგან და შუქფილტრების ორი სისტემისაგან. ეს ნაწილები გამაგრებულია სათანადო ფორმის ჩარჩოში, სადაც დასახელებული ნაწილების ურთიერთ განლაგების წესი ზუსტადაა განსაზღვრული.

პრიზმები ერთმანეთთან შეწებებულია თავისი უდიდესი ზედაპირებით (ჰიპოთენუზებით) და, ამრიგად, ორივე ერთი კუბის სახითაა წარმოდგენილი. ამგვარი პრიზმა-კუბის საშუალებით ხდება სხივების ორი კონის შეერთება და დამკვირვებლის თვალში შეღწევა. სხივების ერთი ასეთი კონა მოდის მხატვარის ფანქრის წვერიდან და სახატავი ქაღალდიდან, რომელზედაც სურთ გადმოხატონ პრეპარატის კონტურები, მეორე კი—მიკროსკოპულ პრეპარატიდან.

ორი დასახელებული პრიზმიდან ერთის უდიდესი ზედაპირი (ჰიპოთენუზი) მოვერცხლილია ისე, რომ ცენტრში დატოვებულია მოუვერცხლავი ორი მილიმეტრის დიამეტრის მქონე ფართობი. ამ მოუვერცხლავ მიდამოში გაივლის სინათლის სხივები, რომლებიც პრეპარატიდან თვალში შეაღწევენ, ხოლო ამავე პრიზმის მოვერცხლილი ზედაპირი სხივებს გარდატეხს და თვალში აგზავნის ქაღალდიდან წამოსულ და სახატავი აპარატის სარკის მიერ არეკლვილ სხივებს.

შუქფილტრების ერთ სისტემაში (ქვემოში) გაივლის პრეპარატიდან წამოსული სხივები, ხოლო მეორეში (ზემოში) ქაღალდიდან წამოსული სხივები.

## სახატავი სარკე

სახატავი სარკის საშუალებით შესაძლებელია მიკროსკოპიდან გამოსახულების გადმოხატვა ქაღალდზე.

სახატავი სარკე შედგება ჩარჩოსაგან და ბრტყელი სარკისაგან. ჩარჩო შეიცავს სარკის საკერს და მიკროსკოპის ტუბუსზე ჩამოსაცმელ რგოლს. სარკის საკერში გამაგრებულია სარკე. სარკის საკერი სარკესთან ერთად მოძრაობს რგოლის მიმართ 90° კუთხის ფარგლებში.

სახატავი სარკის გამოყენება მარტივია. მიკროსკოპის ტუბუსის ზემო ბოლოზე ჩამოაცმევენ სარკის რგოლს, რომელსაც აბაგრებენ ხრახნის საშუალებით. ამავე დროს სარკე მოძრაობს თავის ღერძის ირგვლივ, ისე, რომ მისი დახრა მიკროსკოპის ოპტიკური ღერძის მიმართ შესაძლებელია 180°-ის ფარგლებში. სარკეს ბრტყელი ზედაპირით უპირისპირებენ საჭირო კუთხის ქვეშ ოკულარის თვალის ლინზას, მისგან რაიმე მანძილის დაშორებით.

მიკროსკოპიდან სარკეზე დაცემული და მისგან არეკლილი სხივები (გამოსახულება) ეცემა მაგიდაზე მდებარე სახატავ ქაღალდს, მხოლოდ ამისათვის საჭიროა, რომ წინასწარ მიკროსკოპს მიეცეს რამდენიმედ დახრილი მდებარეობა.

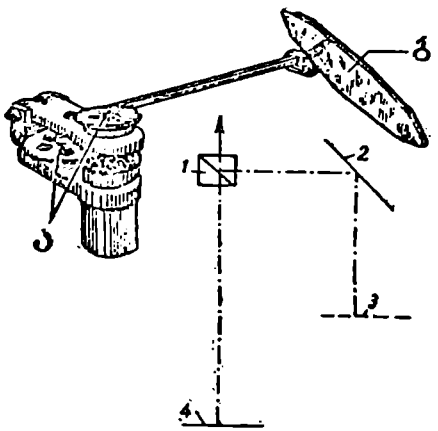
სახატავი სარკის გამოყენება შესაძლებელია ბნელ ოთახში პრეპარატის ხელოვნური სინათლით გაშუქების დროს.

უფრო ხშირად მიკროსკოპული პრეპარატის გადმოსახატავად იხმარება სახატავი აპარატი.

## მიკროსკოპის გამადიდებლობის განსაზღვრა სახატავი აპარატისა და ობიექტმიკრომეტრის გამოყენებით

მიკროსკოპის გამადიდებლობის განსასაზღვრავად (ე. ი. მოცემული ოკულარისა და ობიექტივის კომბინაცია) შეიძლება გამოვიყენოთ სახატავი აპარატი და ობიექტმიკრომეტრი.

გადმოხატავენ ქაღალდზე ობიექტმიკრომეტრის ორ ისეთ დანაყოფს, ანუ ხაზს, რომლებიც საკმარისად არიან ერთმანეთისაგან დაშორებული და ითვლიან მათ შორის დანაყოფების რაოდენობას. ვთქვათ, ასეთ ორ ხაზს შორის მოთავსდა 50 დანაყოფი. ეს ნიშნავს, რომ ჩვენს შემთხვევაში ობიექტმიკრომეტრის დასახელებულ ხაზებს შორის მანძილი უდრის 500 მიკრონს (როგორც




სურ. 39. სახატავი აპარატი. ა—შუქფილტრები, ბ—სარკე; სხივების მსვლელობის სქემა: 1 – ორი ურთიერთ შეზებებული პრიზმა, 2—ბრტყელი სარკე, 3—დასახატი ქაღალდის მდებარეობის სიბრტყე, 4—პრეპარატის მდებარეობის სიბრტყე.

ვიცით, ობიექტმიკრომეტრის თითო დანაყოფი უდრის 10 მიკრონს). შემდეგ ზომავენ ქაღალდზე გადმოხატულ ობიექტმიკრომეტრის იმავე ორ ხაზს შორის მანძილს. ვთქვათ, ეს მანძილი ნახატზე უდრის 200 მმ, ანუ 200.000 მიკრონს. ამ მანძილს ჰყოფენ 500-ზე, ე. ი. ობიექტმიკრომეტრის ხსენებულ ორ დანაყოფს შორის მდებარე აბსოლუტურ მანძილზე: $\frac{200.000}{500} = 400.$

ამრიგად, მოცემული ოკულარი და ობიექტივი ადიდებს საგანს 400-ჯერ.

გადიდების ამ წესით განსაზღვრის დროს აუცილებელია, რომ სახატავი ქაღალდი მდებარეობდეს ნორმალური ხედვის მანძილზე, ე. ი. 250 მმ-ზე დამკვირვებლის თვალიდან.

გარდა ამისა, ქაღალდზე მიღებული სურათის გამრუდების თავიდან ასაცილებლად საჭიროა სახატავი ქაღალდი ზუსტად იყოს დაფენილი ტუბუსის პერპენდიკულარულად.

ამა თუ იმ წარმოქმნის ფართობის გასაზომავად კვადრატულ ერთეულებში იყენებენ სპეციალურ ხელსაწყოს — პლანიმეტრს. არსებობს აგრეთვე სპეციალური მეთოდი ობიექტის მოცულობის გასაზომადაც).

## სახატავი აპარატით მიკროსკოპიდან სურათის გადმოხატვა

მიკროსკოპიდან სურათის გადმოხატვისათვის საჭიროა თანმიმდევრობით შესრულებულ იქნას რამდენიმე პროცედურა:

1. გადმოსახატავი უბნის შერჩევა და პრეპარატის დამაგრება დამჭერებით.

2. სახატავი აპარატის დადგმა და დამაგრება მიკროსკოპზე.

ამისათვის მიკროსკოპის ტუბუსიდან ოკულარს იღებენ, ტუბუსზე ჩამოაცმევენ სახატავი აპარატის რგოლს და მას ხრახნით ამაგრებენ. შემდეგ ოკულარს ათავსებენ თავის ადგილზე ტუბუსში. სახატავი აპარატი ტუბუსზე ისე უნდა დაიდგას, რომ მისი გადასახსნელი ნაწილის ქვემო ნაპირსა და ოკულარის ზემო ზედაპირს შორის დარჩეს უმცირესი ჰვრიტე.

3. სახატავი ქაღალდის მდებარეობის განსაზღვრა და ადგილზე დამაგრება.

ამ პუნქტის განსახორციელებლად საჭიროა, რომ სახატავი ქაღალდი ზუსტად სარკის ღერძის (რომლის გარშემოც სარკე ტრიალებს) პირისპირ იყოს. სარკის ღერძიდან ჩამოშვებული პერპენდიკულარი უნდა მოხვდეს ქაღალდზე ნახატის მოსათავსებელ ადგილის ცენტრში.

4. სახატავი აპარატის სარკის დახრილობის განსაზღვრა.

ამისათვის საჭიროა მიკროსკოპში ცქერა და ამავე დროს სარკის მოძრაობა მარჯვენა ხელით თავის ღერძის გარშემო იქამდე, სანამ დასახატავი მიკროსურათი არ დაემთხვევა ქაღალდზე შერჩეულ ადგილს. შერჩეული ადგილის დასანახად საორიენტაციოდ შეიძლება მაგ., წინასწარ ფანქრის დადება სახატავი აპარატის სარკის ღერძის გასწვრივ.

5. სახატავ ქაღალდზე ფანქრის წვერისა და დასახატავი ობიექტის ერთდროულად და მკაფიოდ დანახვა.

ამისათვის საჭიროა ჯერ ირისული დიაფრაგმის ხვრელის ძლიერ შევიწროება. ამის შედეგად ფანქრის წვერი მკვეთრად გამოისახება გაშუქებულ სახატავ ქაღალდზე. შემდეგ თანდათან ფართოვდება დიაფრაგმის ხვრელი, სანამ მკაფიოდ არ გამოჩნდება ფანქრის წვერი და პრეპარატის გამოსახულება. ამის შემდეგ იწყება ორივე—ზემო და ქვემო შუქფილტრების სისტემათა გასინჯვა რიგრიგობით და მათგან ისეთი ორი ფილტრის შერჩევა (ზემო და ქვემო), რომელთაგან მიიღება დასახატავ გამოსახულებასთან ერთად ქაღალდისა და ფანქრის წვერის ყველაზე მკაფიო სურათი. ზოგჯერ აღნიშნული მანიპულაციის შემდეგ სასარგებლოა პრეპარატის გაშუქების ხელახალი შერჩევა სარკის მოძრაობის მეოხებით. მიკროსკოპში შერჩეული გამოხატულების სტრუქტურას მსუბუქად მოხაზავენ სახატავ ქაღალდზე მაგარი ფანქრით (ტაბ. III—ა), შემდეგ სახატავ აპარატს მოხსნიან და შეინახავენ.

მოხაზული სტრუქტურის ცალკე მიდამოებს დეტალურად ასწორებენ და აზუსტებენ მიკროსკოპში მოცემული სურათის მიხედვით (ტაბ. III—ბ).

პრეპარატის ძირითადი სტრუქტურის, ბირთვების, ბირთვაკების, უჯრედების საზღვრების და ზოგი სხვა ელემენტების კონტურების მოხაზვის შემდეგ განაგრძობენ სურათის ხატვას ტუშით. ხატვისათვის უმჯობესია მაგარი, ე. წ. იაპონური ტუშის ჩხირი. სახატავად ჩვეულებრივად ირჩევენ წმინდა შავ ტუშს ან სხვადასხვა ელფერის მქონე შავ ტუშს.

ტუშის ჩხირს ხეხავენ მკრქალი მინის შესველებულ ზედაპირზე. მიღებულ ტუშის თხიერ მასას ანზავებენ დესტილირებული წყლით საჭირო კონცენტრაციამდე. ტუშის გარდა სახატავად საჭიროა სხვადასხვა ნომრის (№ 0, 1, 2, 5 ან 6) კალანკის ყალმები.

ვიდრე ტუშით ხატვას შეუდგებოდნენ № 5 ყალმის საშუალებით დესტილირებული წყლით ასველებენ სახატავ ქაღალდის ფანქრით მოხაზულ მიდამოს და დააცდიან გაშრობას. ასე იქცევიან იმ მიზნით, რომ ხატვის დროს ტუში თანაბარზომიერად წაეცხოს ქაღალდის ზედაპირს.

ტუშით ხატვის მეთოდიკა სხვადასხვაგვარია. ჩვენ აქ მაგალითისათვის მოგვყავს ერთი ასეთი მეთოდი, რომელიც ტექნიკურად ადვილი შესასრულებელია დამწყებისათვის.

ამ მეთოდის ძირითადი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ სურათის ხატვის დაწყებიდან მის დასრულებამდე მუშაობენ ძლიერ განზავებული ტუშით. ტუშის ხსნარის განზავების ხარისხს უფარდებენ პრეპარატში ყველაზე მკრთალად შეღებილ სხვადასხვა მიდამოს ფერს.

ცნობილია, რომ თუ ტუშის ერთი და იგივე კონცენტრაციის ხსნარს რამდენჯერმე წაუსვამენ ერთ და იმავე ადგილს, მაშინ ტუშით შეღებილი ადგილი მით უფრო მუქი ფერის იქნება. რაც უფრო მეტჯერ წაუსვეს მას ტუშის ასეთი ხსნარი.

პრეპარატში მოცემული წარმონაქმნების ყალმის წვერით (№ 0 ან 1) ასახვისათვის გამოსახავენ შესაბამის სხვადასხვა ზომის წერტილებს ან სხვადასხვა ხაზებს: მოკლეს, გრძელს, სქელს, წვრილს, სწორს, კლაკნილს, შედარებით დიდი და მცირე ზომის წრეებს და ასე შემდეგ.

შერჩეული მკრთალი ფერის ტუშის ფენა სურათზე ისე ლაგდება თანდათანობით ერთიმეორეზე, რომ ყველაზე მკრთალ ადგილზე მოხვდება ასეთი ერთი ან ორი ფენა და თანდათანობით სურათის უფრო მუქ ადგილებზე, ფენების შესაბამისად,—უფრო მეტი და მეტი რაოდენობა, სწორედ იმგვარად, როგორც მიკროსკოპულ პრეპარატში მეტ-ნაკლები სიმუქით გამორჩეული სხვადასხვა სტრუქტურა. ზოგი ბირთვაკი მაგ. ძლიერ შავია ციტოპლაზმასთან შედარებით. უკანასკნელის მიდამოები თავის მხრივ სხვადასხვა ინტენსივობითაა შეღებილი და ასე შემდეგ.

პრაქტიკულად ხატვის დროს ასე იქცევიან: შერჩეული კონცენტრაციის (იხ. ზემოთ) განზავებული ტუშით იწყებენ სურათის ხატვას მის ერთ-ერთ მიდამოში და თანდათან გადადიან სხვა მიდამოებზე, ვიდრე ყალმით არ მოიცლიან სურათის მთელ ზედაპირს. შემდეგ იგივეს იმეორებენ ხელახლა მეორეჯერ, მესამეჯერ და ასე შემდეგ (ტაბ. IV—ა და ბ). საბოლოოდ, როცა სურათი დასასრულს უახლოვდება, ხატავენ მის ყველაზე მუქად შეღებილ მიდამოებს. ჩვეულებრივ ასეთი სტრუქტურებია: ბირთვის გარსი, ბირთვაკი, ქრომატინის მარცვლები, დამხშველი ფირფიტები და სხვა. ასეთი ძლიერ მუქი წარმოქმნების შესაღებად იყენებენ მათი ფერის შესაბამის ძლიერი კონცენტრაციის მქონე ან განუზავებელ ტუშს (ტაბ. V—ა).

ამავე დროს ხაზი უნდა გაესვას იმ გარემოებას, რომ ტუშის ხსნარს ერთნაირად არასოდეს არ წაუსვამენ (თუნდაც ძლიერ განზავებულს) სურათის ყველა მიდამოს; წასმას აწარმოებენ დიფერენცირებულად, ვინაიდან მუქად შეღებილ პრეპარატში უჯრედე-

ბის ციტოპლაზმაში ან ბირთვში (ან სხვა რომელიმე წარმოქმნაში) ყოველთვის მოიპოვება სრულიად ნათელი შეუღებავი ადგილებიც, რომლებზედაც საღებავის წასმა არ შეიძლება. წინააღმდეგ შემთხვევაში დახატული სურათი ვერ ასახავს პრეპარატში მოცემულ შინაარსს და ამავე დროს იგი მეტად ტლანქი და უშინაარსო გახდება.

როცა ხატვის პრაქტიკა საკმარისად გამოუმუშავდება სურათის დამხატველს, მან შეიძლება ზუსტად არ დაიცვას ხატვის აქ აღნიშნული წესის თანმიმდევრობა. ამ წესიდან გადახვევის ხასიათი ინდივიდუალურია.

განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს პრეპარატის იმ მიდამოების დახატვა, სადაც ესა თუ ის წარმოქმნა რამდენიმე შრედ ალაგია. მაგ., უჯრედები, ბირთვები ან სხვა რომელიმე წარმოქმნა. მიკროსკოპული პრეპარატის ხატვაში დახელოვნებული პირი ახერხებს 1, 2, 3, და 4 სხვადასხვა ერთი მეორის ქვეშ მდებარე შრეების ასახვას სურათზე.

სირთულის მიხედვით, მხედველობის ერთ ველში მოცემულ სურათის დახატვას ჩვეულებრივ [როცა ხატავენ დიდი (1000-მდე) გადიდებით] სჭირდება 3—10 საათი ან მეტი დრო. სურათის დასახატავად საჭირო დრო, ცხადია, დამოკიდებულია შემსრულებლის დახელოვნებაზე.

სხვადასხვა ფერში შეღებილი (რთული შეღებვა) პრეპარატის დახატვას ტუშის ნაცვლად აწარმოებენ იმავე წესით—სათანადო ფერის საღებავებით. ტაბ. VI—ა-ზე წარმოდგენილია მალორის შეღებილი პრეპარატის სურათი. ტაბ. VI—ბ-ზე კი აზურ-ეოზინით შეღებილი პრეპარატის სურათი.

## ნაკვთისებრი სურათის დახატვა

სხვაგვარია და ტექნიკურად უფრო ადვილად შესასრულებელი ე. წ. ნაკვთისებრი სურათი (ტაბ. V—ბ). ასეთი სურათის შესასრულებლად ჯერ საჭიროა მიკროსკოპული პრეპარატის კონტურების გადმოხატვა სახატავი აპარატით (ტაბ. III—ა) და მისი ზედმიწევნით შესწორება (ტაბ. III—ბ). შემდეგ სახატავი ქაღალდი, რომელზედაც სურათია მოხაზული, აკვარელის ყალმის საშუალებით უნდა დასველდეს დესტილირებული წყლით (იხ. ზემოთ). ქაღალდის გაშრობის შემდეგ შეუდგებიან ტუშით ხატვას.

ნაკვთისებრი სურათის შესრულების დროს ხმარობენ ტუშის მეტად კონცენტრირებულ ხსნარს. ხატვისათვის იყენებენ № 0 ან № 1 კალანკის ყალამს ან მასთან ერთად ტუშისათვის განკუთვნილ

კალამს. მიკროსკოპული პრეპარატის ამა თუ იმ ადგილის შესაბამისად ყალმით ან კალმით სურათზე სვამენ წერტილებს. იქ, სადაც პრეპარატის ესა თუ ის წარმოქმნა უფრო მუქადაა შეღებილი, წერტილებს სვამენ შესაბამისად უფრო ხშირად, სადაც პრეპარატის წარმოქმნები უფრო ღია ფერშია შეღებილი, წერტილებს სვამენ ერთმანეთისაგან უფრო დაშორებით. ბოლოს, სადაც პრეპარატში სრულიად ნათელი ადგილებია დარჩენილი, იქ წერტილებს არ სვამენ. ასეთი მიდამოები ნაკვთისებრ სურათზე ნათელი რჩება (ტაბ. V—ბ).

პირობით ზოგი წარმოქმნის აღსანიშნავად გამოიყენებენ სხვა ხერხსაც. მაგ., სეკრეტის შეღებილ მარცვლებს სურათზე აღნიშნავენ მრგვალი წრეებით ან შედარებით უფრო მსხვილი წერტილების სახით და ასე შემდეგ.

სურათის დამთავრებისას პრეპარატის გამოსახულების შესაბამისად, ზოგ წარმოქმნას, მაგ., უჯრედისა და ბირთვის კონტურს ყალმის წვერით (ყალამი №0 ან №1) შემოავლებენ ხაზოვან კონტურს (ტაბ. V—ბ).

## ელექტრონული მიკროსკოპი

როგორც ჩვენ უკვე აღვნიშნეთ, მიკროსკოპის გარჩევის უნარის გადიდება (გვ. 23.) დაკავშირებულია სინათლის ტალღის სიგრძის შემცირებასთან.

ამ მიზნით რენტგენის სხივების გამოყენება, რომლებსაც ძლიერ მოკლე ტალღები აქვთ, არ მოხერხდა, ვინაიდან შეუძლებელი გახდა ამ მიზნებისათვის გამოსადეგი ლინზების დამზადება.

ამგვარად გარჩევის უნარის გადიდება დიდ დაბრკოლებას წააწყდა.

დაახლოებით სამი ათეული წლის წინათ ეს დაბრკოლება გადალახეს. სინათლის მაგიერ მიკროსკოპირებისათვის გამოყენებულ იქნა სწრაფი ელექტრონები. ფიზიკურად დამტკიცდა დიდი პრინციპული მსგავსება ელექტრონების ნაკადზე სიმეტრიული მაგნიტური ველის მოქმედებასა და სინათლის სხივზე ლინზის მოქმედებას შორის. ამ აღმოჩენის გამოყენების საფუძველზე დიდი მუშაობა ჩატარდა ელექტრონული ოპტიკის დარგში.

მაგნიტური ველის გავლენით ელექტრონების ნაკადის მიმართულების შეცვლის თვისებების გამოყენებით ჩვენში უკვე 1939 წლის ბოლოს დამზადდა ელექტრონული მიკროსკოპის საწარმოო ნიმუშები.

ამჟამად ჩვენი მრეწველობა უშვებს რამდენიმე ტიპის ელექ-ტრონულ მიკროსკოპს.

ლინზების ტიპის მიხედვით არჩევენ: მ ა გ ნ ი ტ უ რ, ე ლ ე ქ-ტ რ ო ს ტ ა ტ ი კ უ რ და კ ო მ ბ ი ნ ი რ ებ უ ლ ე ლ ე ქ ტ რ ო ნ უ ლ მ ი კ რ ო ს კ ო პ ებ ს.

გამოკვლევის ხასიათის მიხედვით არჩევენ გამსჭვალავ, ამრეკ-ლავ, ემისიურ, ავტოელექტრულ, ჩრდილის მომცემ და რასტრ-მიკროსკოპს.

ყველაზე ფართოდ გავრცელდა გამსჭვალავი ტიპის ელექტრო-ნული მიკროსკოპი.

ელექტრონული მიკროსკოპის სხვა ტიპები ჯერ კიდევ იმყო-ფება ლაბორატორული დამუშავების სხვადასხვა სტადიაში.

ელექტრონული მიკროსკოპის პირველი მაკეტი, რომლის პრინციპი დამუშავებული იყო საბჭოურ მეცნიერთა მიერ 1940 წელს, საგანს ადიდებდა 10.000-ჯერ. მეორე მოდელი—20.000-ჯერ, ხოლო 1947 წელში დამზადებული მეხუთე მოდელი საგნებს ადი-დებდა უკვე 200.000-ჯერ.

თუ სინათლის მიკროსკოპში „სასარგებლო“ გადიდება უდრის დაახლოებით 1000-ს, ელექტრონულ მიკროსკოპში იგი აღწევს 100.000-ს.

ელექტრონული მიკროსკოპების ექსპლოატაციის პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ მეტად სასურველია „საშუალო“ გამადიდებლობის ელექტრონული მიკროსკოპების გამოშვება დაახლოებით 10.000—20.000-ჯერ გამადიდებლობის ფარგლებში, ვინაიდან ამ გადიდებით პრეპარატების გამოკვლევა ძალიან ბევრ ახალს იძლევა.

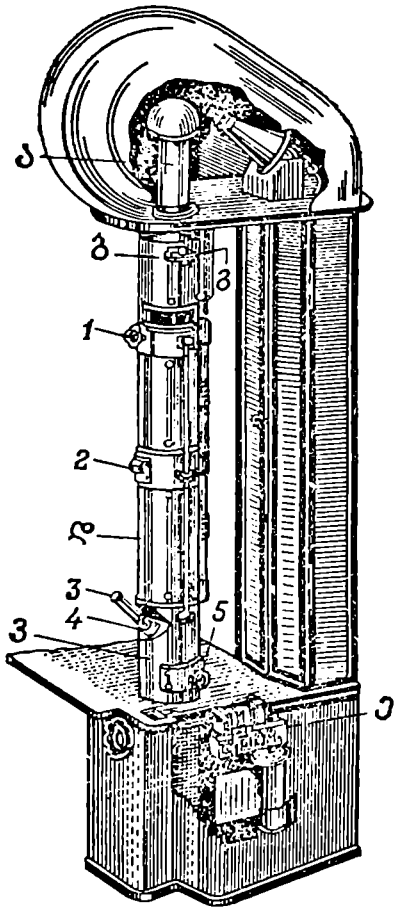
საბჭოთა მრეწველობა უშვებს სწორედ ასეთ „საშუალო“ გამადიდებლობის, მცირე ზომის, საკმაოდ პორტატულ ელექტრო-ნულ მიკროსკოპებს. ამავე დროს ამგვარი ელექტრონული მიკროს-კოპების ექსპლოატაციაც შედარებით მარტივია.

ელექტრონები, როგორც ცნობილია, წარმოადგენენ ნივთიე-რების უმცირეს ნაწილაკებს, რომლებიც დამუხტული არიან უარ-ყოფითი ელექტრობით.

ელექტრონები იმყოფება ან უძრავ მდგომარეობაში, ან მოძ-რაობენ სხვადასხვა სიჩქარით.

მათ ახასიათებთ ტალღური მოძრაობა და მათმა ამ თვისებამ შესაძლებელი გახადა ელექტრონული ტალღები გამოყენებული ყოფილიყო მიკროსკოპში დიდი გადიდების მისაღებად.

ელექტრონული ტალღების სიგრძე ელექტრონების მოძრაო-




სურ. 40. მაგნიტური ელექტრონული მიკროსკოპის სქემა. ა—ქვემეხი (კათოდი), ბ—კონდენსორის ლინზის, გ—ობიექტივის ლინზის და დ—საპროექციო ლინზის მდებარეობის ადგილი, ე—გაკუუმის გადასართავი, ვ—ფოტოკამერა, 1—კოდი ობიექტის გამოსაცვლელად, 2—შუამდებარე გამოსახულების დასათვალიერებელი სარკმელი, 3—სინათლის მიკროსკოპი, 4—საბოლოო გამოსახულების დასათვალიერებელი სარკმელი, 5—ფოტოფირფიტების გამოსაცვლელი კოდი.

ბის სიჩქარეზეა დამოკიდებული. ასე მაგ., 50000 ვოლტის ელექტრული ძაბვით აჩქარებული ელექტრონის ტალღის სიგრძე უდრის 0,000005 მიკრონს.

## ელექტრონული მიკროსკოპის მოწყობილობა და მოქმედების პრინციპი

გამსჭვალავი ტიპის მაგნიტური ელექტრონული მიკროსკოპი (სურ. 40) შედგება ელექტრონების წყაროსაგან (ქვემეხისაგან) კათოდისაგან, ელექტრონული ლინზებისაგან, ეკრანებისაგან და რიგ სხვა დამხმარე ელექტრონაწილებისაგან.

კათოდი წარმოადგენს ვოლფრამის მავთულის მოკლე ნაჭერს, რომელიც ელექტროდენით გავარვარებისას გამოასხივებს ელექტრონებს. ელექტრონები მიიზიდება დადებითად დამუხტული ლითონის ფირფიტით (ანოდით), რომელსაც ცენტრში პატარა ხვრელი აქვს. ამ ხვრელიდან გამოიტყორცნება ელექტრონები. კათოდზე ძაბვა სხვადასხვა სიდიდეს აღწევს (30 — 50-დან 100.000 ვოლტამდე). რაც უფრო მეტია ძაბვა, მით მეტია ელექტრონების სიჩქარე, მით უფრო მოკლეა მათი ელექტრონული ტალღა.

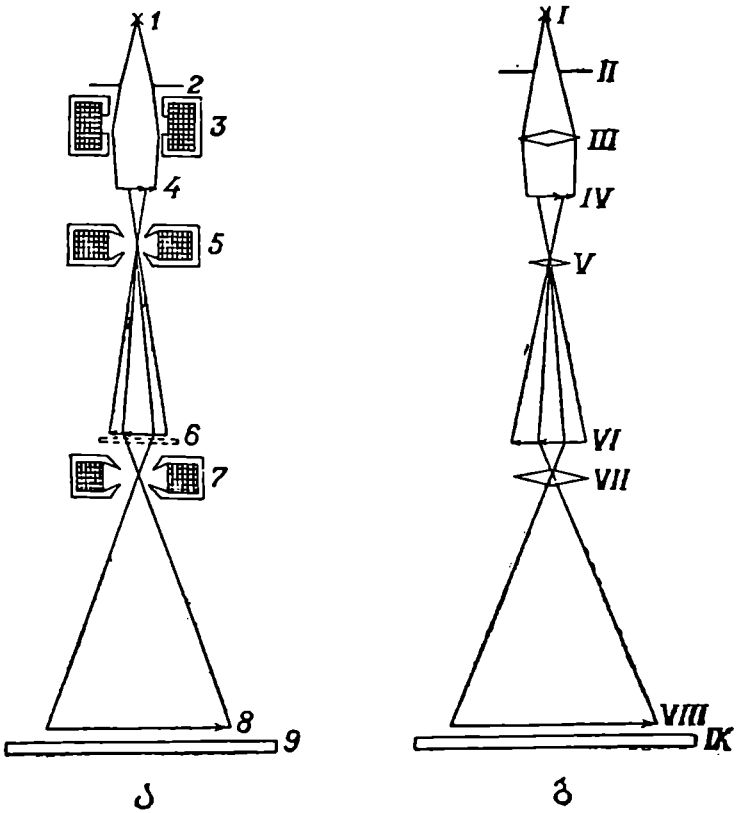
ელექტრონულ მიკროსკოპში სამი ლინზაა: 1. კონდენსორული, რომელიც სხივებს კრებს და მიმართავს გამოსაკვლევი საგნისაკენ, 2. ობიექტივის და 3. საპროექციო. ელექტრონულ მიკროსკოპში ორი უკანასკნელი ლინზის დანიშნულებაა გაადიდოს გამოსაკვლევი საგანი. დასახელებული სამი ლინზა მოწყობილია ერთნაირად. ცნობილია, რომ მაგნიტური ველის გავლენით ელექტრონების ნაკადი იცვლის თავის მიმართულებას. სწორედ ამ პრინციპზეა აგებული მიკროსკოპის „ლინზები". ლინზა ამ შემთხვევაში წარმოადგენს მაგნიტურ ველს, რომელიც მოქმედებს ისევე, როგორც მინისაგან დამზადებული დადებითი ლინზა, ე. ი. მასში გავლილი ელექტრონული სხივები იკრიბება ერთ ფოკუსში და განაგრძობს რა სვლას, იძლევა საგნის გადიდებულ გამოსახულებას. მაგნიტური ლინზა შესდგება რამდენიმე ნაწილისაგან: სპილენძის მავთულის ნახვევისაგან (კოჭი), რომელშიაც ელექტროდენს ატარებენ, რკინის გარსისაგან (მას ამოჭრილი აქვს ჰვრიტე არამაგნიტური მასალისაგან) და საპოლუსო ბუნიკებისაგან.

კათოდიდან გამოტყორცნილი ელექტრონები (იხ. სქემა, სურ. 41) უდიდესი სიჩქარით გაივლის ანოდის ფირფიტის ხვრელში და ინერციით განაგრძობს მოძრაობას. აქ ისინი დაეცემიან ე. წ. კონდენსორულ ლინზაზე, სადაც გარდატეხის შემდეგ სხივები იკრიბება გამოსაკვლევ ობიექტზე. გამოსაკვლევი ობიექტი ჩვეულებრივ წარმოადგენს კოლოდიუმის თხელ ფირფიტაზე მოთავსებული ნივთიერების თხელ ფენას (კოლოდიუმის ფირფიტა ელექტრონულ მიკროსკოპში სასაგნე მინის როლს ასრულებს). გამოსაკვლევ საგანში გავლის შემდეგ ელექტრონული სხივები დაეცემა მეორე, ე. წ. ობიექტივის ლინზაზე.

ობიექტივის ლინზაში გავლის შემდეგ მიიღება საგნის პირველადი ე. წ. შუამდებარე გამოსახულება. ობიექტივის მაგნიტური ლინზის შემდეგ ელექტრონული სხივები დაეცემა მესამე საპროექციო ლინზაზე, სადაც ხდება საგნის კიდევ უფრო მეტი გადიდება.

ელექტრონული სხივები თვალისათვის უხილავია. ამიტომ გამოსახულების დანახვა შეიძლება მხოლოდ ე. წ. მაფლუორესცირებელ ეკრანზე ან მისი გადაღების შემდეგ ფოტოსურათზე. ეკრანის ფლუორესცირებას აღწევენ მასზე გოგირდმჟავა თუთიის წასმით. ამ ნივთიერებაზე დაჯახების შემდეგ ელექტრონები იწვევენ მის ნათებას. ეკრანზე დამზერა წარმოებს ორი სპეციალური სარკმლით, რომლებიც ელექტრონულ მიკროსკოპს გვერდზე აქვს დართული. ელექტრონულ მიკროსკოპში გამოსახულების მიღების

მექანიზმი ემყარება მაგნიტური ველის გავლენით ელექტრონების გადახრასა და გაბნევას და არა ობიექტის მიერ ელექტრონების შთანთქმას. საჭიროა ელექტრონების ისეთი სიჩქარისა და ობიექ-




სურ. 41. ელექტრონული (ა) და სინათლის (ბ) მიკროსკოპების ოპტიკური სქემა (შედარებისათვის). ელექტრონული მიკროსკოპის სქემაზე ნაჩვენებია: 1—კათოდი—ელექტრონების წყარო, 2—ანოდური დიაფრაგმა, 3—კონდენსორის მაგნიტური კოჭი, 4—ობიექტი კოლოდიუმის აპკზე, 5—ობიექტივის მაგნიტური კოჭი, 6—შუამდებარე გამოსახულების სიბრტყე, 7—საპროექციო მაგნიტური კოჭი, 8—საბოლოო გამოსახულება, 9—მაფლუორესცირებელი ეკრანი ან ფოტოფირფიტა.

სინათლის მიკროსკოპის სქემაზე ნაჩვენებია: I. სინათლის წყარო. II. დიაფრაგმა, III. კონდენსორი, IV. ობიექტი სასაგნე მინაზე, V. ობიექტივის ლინზები, VI. შუამდებარე გამოსახულების სიბრტყე, VII. ფოტოოკულარი, VIII. საბოლოო გამოსახულება. IX. ფოტოფირფიტა.

ტის ისეთი სისქის შერჩევა, რომ ელექტრონებმა განვლონ ობიექ-ტი შთაუნთქმელად. წინააღმდეგ შემთხვევაში ობიექტი სწრაფად დაიშლება, რადგან ელექტრონებს დიდი ენერგია აქვთ. ელექტრონულ მიკროსკოპში გამოსახულების მიღება დაკავშირებულია ობიექტის ნაწილების სხვადასხვა სიმკვრივეზე. იქ, სადაც სიმკვრივე მცირეა, ელექტრონები დაუბრკოლებლივ გააღწევენ ობიექტში, ეცემიან მაფლუორესცირებელ ეკრანზე და იწვევენ მის ნათებას. სადაც ობიექტის სიმკვრივე მეტია, იქ ელექტრონების შეღწევა სათანადოდ შემცირებულია. ასეთ შემთხვევაში ეკრანზე წარმოიშობა ჩრდილები. ობიექტის ყველაზე მკვრივ ადგილებში ელექტრონები ვერ შეაღწევენ. ასეთი მიდამოები ეკრანზე შავი ლაქების სახით ჩანს. ამრიგად, მაფლუორესცირებელ ეკრანზე სხვადასხვა მიდამოში ეცემა ელექტრონების არაერთნაირი რაოდენობა, რაც შეესაბამება ობიექტის სხვადასხვა დეტალს.

ელექტრონულ მიკროსკოპში გამოსახულების მისაღებად აუცილებელია აგრეთვე ელექტრონების სვლის გზაზე შეიქმნას ვაკუუმი, რადგან ელექტრონები ჰაერის მოლეკულებთან დაჯახებისას იცვლიან მიმართულებას და ეკრანზე არ ხვდებიან. ამიტომ ელექტრონულ მიკროსკოპს თან ახლავს ხელსაწყო, რომელიც სათანადო ადგილებიდან განუწყვეტლივ აიშვიათებს ჰაერს. თავისთავად ცხადია, რომ ელექტრონულ მიკროსკოპს სათანადო რაოდენობით სჭირდება ელექტროდენის მიწოდება. გარდა ამისა, მას თან ახლავს დამხმარე მოწყობილობა.

ელექტრონული მიკროსკოპი მეტად მნიშვნელოვანი შენაძენია მეცნიერებისათვის. მან უკვე განვლო გამოცდის პერიოდი. ელექტრონული მიკროსკოპის საშუალებით მიღებულმა ფაქტებმა რამდენიმედ გააღრმავა ჩვენი წარმოდგენები, მაგ., განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოს, შემაერთებელქსოვილოვანი ბოჭკოების, ბირთვების უწვრილესი აგებულების შესახებ და სხვა. მიუხედავად ამისა, ბიოლოგიასა და, კერძოდ, ჰისტოლოგიაში ჯერ კიდევ არსებობს ზოგი დაბრკოლება ამ ხელსაწყოს ფართო გამოყენებისათვის. განსაკუთრებით ძნელია გამოსაკვლევი ობიექტის დამზადება. მისი სისქე უნდა უდრიდეს 0, 1 მიკრონს. ამ მხრივ ელექტრონული მიკროსკოპი მოითხოვს შემდგომ გაუმჯობესებას, რომ მისი გამოყენების მეთოდიკა კიდევ უფრო გამარტივდეს[1]. გარდა ამისა, იგი იწვევს გამოსაკვლევ ობიექტში ზოგ ისეთ ცვლილებას, რომლის გამოც მიღებული სურათის სწორი ამოკითხვა ძნელდება.

[1] ამჟამად უკვე არსებობს სპეციალური მიკროტომები და საშუალებანი, რომლებითაც შესაძლებელია 100მკ სისქის ანათლების დამზადება.

## ნაწილი მეორე

### I. ობიექტის მიკროსკოპული გამოკვლევა ცოცხალ მდგომარეობაში

#### 1. გამოკვლევა ორგანიზმისათვის ბრილობის მიუყენებლად

ცოცხალ მდგომარეობაში მიკროსკოპული დაკვირვება გამავალ სინათლეზე სხეულის დაუზიანებლად შესაძლებელია მეტად შეზღუდულ ფარგლებში.

ასეთი დაკვირვებისათვის გამოსადეგია მცირე ზომის ორგანიზმები, მაგ., უმარტივესნი. ასეთ ორგანიზმებს სინჯავენ იმ სითხეში, რომელშიაც ისინი ცხოვრობენ ბუნებაში.

სხეულის დაუზიანებლად მიკროსკოპში შეიძლება აგრეთვე დავათვალიეროთ დიდი ცხოველების ესა თუ ის ნაწილი. ამისათვის შეარჩევენ რომელიმე თხელ და შუქგამტარ ნაწილს, მაგ., ბაყაყის საცურავ აპკს ან თავკომბალას კუდს. ამ გზით შესაძლებელია სისხლის უჯრედების, პიგმენტური უჯრედებისა და სხვა ელემენტების დათვალიერება.

გარდა ამისა, შესაძლებელია სხეულის ზედაპირის დათვალიერება არა გამავალ, არამედ დაცემულ სინათლეზე. ამ გზით შეიძლება მაგალითად, გრძნობათა ორგანოების ზოგი მიდამოს, კანის ელემენტების, კანში სისხლის მიმოქცევის დანახვა და სხვა.

#### 2. გამოკვლევა IN SITU ორგანიზმში ოპერაციული ჩარევით

ა. მუცლის კედლის გაკვეთის (ლაპაროტომია) საშუალებით ცოცხალ მდგომარეობაში შესაძლებელია მიკროსკოპული დაკვირვების წარმოება შიგნეულობის მთელ რიგ ორგანოებზე. ამ მხრივ კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს დაკვირვება შინაური კურდღლის ან თეთრი თაგვის პანკრეასზე გამავალ სინათლეში. ცხოველის ნარკოზირებისა და ლაპაროტომიის შემდეგ მიკროსკოპის სპეციალურ მაგიდაზე გაშლიან მის ჯორჯალს პანკრეას.

თან ერთად შეარჩევენ ორგანოს თხელ მიდამოს, ასველებენ ფიზიოლოგიურ ხსნარში და აკვირდებიან. ამგვარი წესით შესაძლებელია ხანგრძლივი დაკვირვების წარმოება ამ ორგანოს ცოცხალ მდგომარეობაში მყოფ პარენქიმულ ელემენტებზე, სეკრეციის პროცესზე და სხვა.

შეიძლება გამოკვლეული იქნას აგრეთვე სხვადასხვა ფაქტორისა და აგენტის გავლენა პანკრეასის ჯირკვლოვან ელემენტებზე ცოცხალ მდგომარეობაში.

ანალოგიური წესით შეიძლება შიგნეულობის სხვა ორგანოების შესწავლაც გამავალ სინათლეზე. როცა ეს მოუხერხებელია, ორგანოს სიდიდისა ან სხვა რაიმე მიზეზების გამო, შეიძლება გამოყენებულ იქნას დაკვირვება დაცემულ სინათლეზე. ამ გზით დაკვირვებას აწარმოებენ ორგანოს ზედაპირულად მდებარე ნაწილებზე. დაცემულ სინათლეზე შესწავლისათვის რეკომენდებულია ბაყაყის ორგანოები: ფილტვები, ჯორჯალი, ენა, კანი. პიგმენტური ქსოვილი, ნერვები და სხვა.

ბ. ყურის ნიჟარაში კამერის ჩადგმა. ცოცხალ მდგომარეობაში სხვადასხვა ობიექტზე დაკვირვებისათვის მეტად ნაყოფიერ შედეგს იძლევა ყურის ნიჟარაში ჩადგმული გამჭვირვალე კამერა.

ცხოველს, ჩვეულებრივ შინაურ კურდღელს, ყურის ნიჟარაში კანქვეშ უშხაპუნებენ კოკაინს. შერჩეულ ადგილზე ანესთეზიის შემდეგ ნიჟარაში უკეთებენ მრგვალ ან ოთხკუთხიან ხვრელს— „ფანჯარას“, რომელშიაც დგამენ ცელულოიდისაგან წინასწარ დამზადებულ კამერას. კამერა შედგება ცელულოიდის ორი ურთიერთ პარალელური ფირფიტისაგან, ისინი ერთმანეთისაგან დაცილებული უნდა იყვნენ დაახლოებით 0,3—0,4 მმ. ყურის ნიჟარაში კამერა ისე უნდა ჩაიდგას, რომ მისი ნაპირები რამდენიმედ დაიფაროს მეზობელი კანის ნაწილით. კამერა მაგრდება ყურის ნიჟარაში ნაკერების დადებით. კამერას ავსებენ ფიზიოლოგიური ხსნარით. ოპერაციის შემდეგ კამერის ფირფიტებს შორის შეიზრდება მეზობლად მდებარე ქსოვილები და ნერვები.

გარდა ამისა, კამერაში შეიძლება სხვადასხვა ორგანოს ან სიმსივნური ქსოვილების ნაჭრების ტრანსპლანტირება. ამრიგად, კამერა შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა ექსპერიმენტებისათვის.

ცხოველის ყურის ნიჟარაში ცელულოიდის ფირფიტებს შორის მიმდინარე პროცესი კარგად ჩანს მიკროსკოპში გამავალ

სინათლეში. მხოლოდ ცხოველის ყური დაკვირვების დროს კარგად უნდა იყოს ფიქსირებული.

ამგვარი წესით შეიძლება ხანგრძლივი დაკვირვების წარმოება სხვადასხვა, ცოცხალ მდგომარეობაში მყოფ ჰისტოლოგიურ ელემენტებზე.

*გ. მუცლის კედელში სარკმლის მოწყობა.* ამ მეთოდით შესაძლებელია მუცლის ღრუში მდებარე ორგანოებზე ხანგრძლივი დაკვირვების წარმოება ცოცხალ მდგომარეობაში. ამ მიზნით ნარკოზირებულ ცხოველს შერჩეულ ადგილზე მუცლის წინა კედლის მიდამოში უკეთებენ განსაზღვრული ზომის სარკმელს (ხვრელს) და მის ნაპირებზე აკერებენ ცელულოიდის ფირფიტას. ასეთი ხერხით შესაძლებელია დაკვირვება დაცემულ სინათლის პირობებში ორგანოს ზედაპირულ ნაწილში მიმდინარე ცვლილებებზე. მაგალითად, შეიძლება თვალი ვადევნოთ საკვერცხეში ფოლიკულების მომწიფების მიმდინარეობას, მათ გასკდომას, გრაციფის ბუშტუკიდან კვერცხის გადმოვარდნას პერიტონეუმის ღრუში და სხვა.

*დ. დაკვირვება თვალის წინა კამერაში ტრანსპლანტირებულ ორგანოს ნაწილებზე.* ხშირად სხვადასხვა ექსპერიმენტული გამოკვლევის მიზნით იყენებენ თვალის წინა კამერას. მასში გადანერგავენ ამა თუ იმ ორგანოს ან მის ნაწილს. ამისათვის სპეციალური ბასრი დანით ჭკვეთენ რქოვანი გარსის ნაპირს და ამ ხვრელით თვალის კამერაში ათავსებენ სასურველ ობიექტს. გადანერგილ ორგანოში ან მის ნაწილში ფერადი გარსის მხრივ ჩაიზრდება სისხლის ძარღვები. ტრანსპლანტატი განაგრძობს განვითარებას ახალ პირობებში. ასეთ ტრანსპლანტატში მიმდინარე ცვლილებებზე დაკვირვება შესაძლებელია ე. წ. დაცემული სინათლის საშუალებით. ასეთი დაკვირვების დროს ცხოველი უნდა იყოს ფიქსირებული.

### 3. ქსოვილების კულტივირება ორგანიზმის გარეშე (ქსოვილის კულტურა—ექსპლანტატი)

ქსოვილის კულტურა, ექსპლანტატი, ანუ კულტურა in vitro ეწოდება ხელოვნურად დამზადებულ ნიადაგზე ორგანიზმის გარეშე სპეციალურ კამერაში მოზარდ ორგანოს ნაწილს.

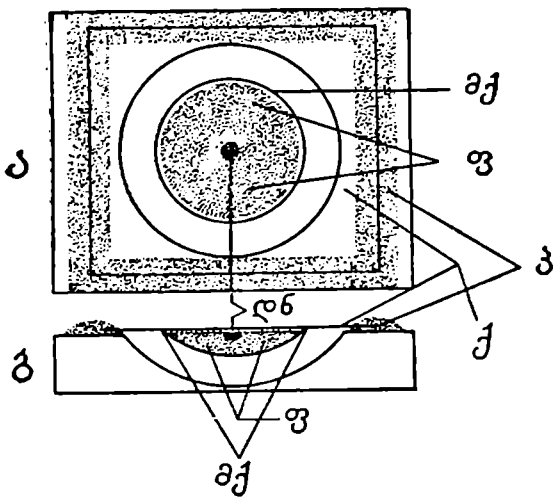
ქსოვილის კულტურა მეცნიერებაში გამოიყენება როგორც ქსოვილებისა და უჯრედების კვლევის ექსპერიმენტული მეთოდი. ქსოვილის კულტივირებას აწარმოებენ სხვადასხვა გზით. უფრო გავრცელებულია ქსოვილის კულტივირება ე. წ. „დაკიდულ წვეთ-

ში“ (სურ. 42) ან სპეციალურ ჭურჭელში — კარელის ფინჯანში (სურ. 43).

საკვები ნიადაგის დასამზადებლად ქსოვილის კულტივირებისათვის საჭიროა ცოტად თუ ბევრად კეთილმოწყობილი ლაბორატორია, რიგი ქირურგიული ინსტრუმენტებისა, სპეციალური ხელსაწყოები, ჭურჭელი და სხვა.

პირველ რიგში საჭიროა: 1. დასათესი მასალის (ამა თუ ინ ორგანოს ნაწილაკები) და 2. საკვები ნიადაგის დამზადება.

დ ა ს ა თ ე ს ი  მ ა ს ა ლ ა. დასათესად გამოდგება ყოველი ორ-




სურ. 42. ქსოვილის კულტურა „დაკიდებულ წვეთში“. ა—ზემოდან დახედვით; ბ—ვერტიკალურ განაკვეთში, ქ—სწორკუთხოვანი ქარსის ფირფიტა, მქ—ქარსის მრგვალი ფირფიტა, ფ—შედედებული ფიბრინი, დნ—დათესილი ნაპერი, პ—პარაფინი.

განო, რომელიც უშუალოდ არ არის დაკავშირებული გარე გარემოსთან, ე. ი. არ არის ინფექცირებული.

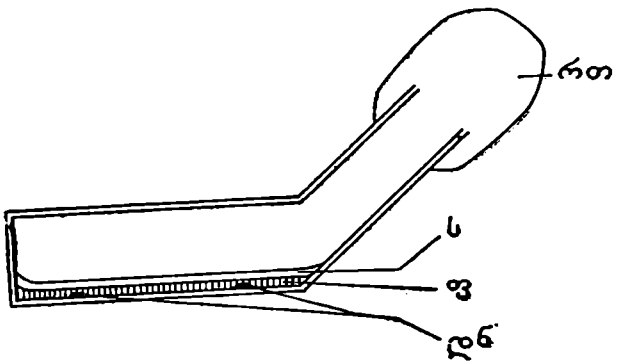
ქსოვილის კულტურაში უფრო კარგად იზრდება ემბრიონული ორგანოების ნაწილაკები.

დასათეს ორგანოს ამოკვეთენ ორგანიზმიდან ქირურგიული ოპერაციების წარმოების ყველა წესის დაცვით და ათავსებენ სტერილურ ჭურჭელში, სადაც წინასწარ ასხამენ სტერილურ ფიზიოლოგიურ ან ტიროდეს ხსნარს (უმჯობესია ტიროდეს ხსნარი).

დათესვის დროს ორგანოს აწვრილმანებენ მცირე ზომის მაკრატლით დაახლოებით ერთი მილიმეტრის დიამეტრის მქონე ნაწილაკებად.

ხელოვნური ნიადაგის შესაქმნელად საჭიროა წინასწარ დამზადდეს: 1. სისხლის პლაზმა და 2. ემბრიონის ექსტრაქტი.

სისხლის პლაზმის დამზადება. სტერილურ პიროებში ცხოველიდან იღებენ სისხლს, რომელსაც შედედების შესაფერხებლად უმატებენ ჰეპარინის ძლიერ განზავებულ ხსნარს. სისხლის ასაღებად დანიშნულ სახმარ სინჯარის შიგნითა ზედაპირს წინასწარ გამოავლებენ გადნობილ პარაფინს, რომ ეს ზედაპირი მოლიპული იყოს.




სურ. 43. კარელის ფინჯანი (ტიპი დ) განივკვეთში. დნ—დათესილი ნაჭრები, ფ—შედედებული ფიბრინი, ს—საკვები არე (ჩვეულებრივად გაზავებული ემბრიონული ექსტრაქტი), რთ—რეზინის თალფაქი.

ცენტროფუგირების საშუალებით აღებულ სისხლს აცლიან ფორმიან ელემენტებს და ამგვარად ამზადებენ სისხლის პლაზმას.

ემბრიონული ექსტრაქტის დამზადება. ემბრიონულ ექსტრაქტს უფრო ხშირად ამზადებენ ქათმის 5—7-დღის ინკუბირებულ კვერცხის ჩანასახიდან. საჭიროების მიხედვით ერთ ან რამდენიმე ჩანასახს ჭყლეტენ სპეციალურ ე. წ. ფიშერის შპრიცში და ცენტროფუგირების შემდეგ აზავებენ ტიროდეს ხსნარით.

დათესვამდე სისხლის პლაზმასა და ემბრიონულ ექსტრაქტს ინახავენ ცივად.

როცა კულტივირებას „დაკიდებულ წვეთში“ ახდენენ, შემდეგნაირად იქცევიან: აიღებენ გასტერილებულ საფარ მინას ან ქარსის

ფირფიტას და დააწვეთებენ მის ცენტრში სისხლის პლაზმის ერთ-ორ წვეთს. შემდეგ მასში ათავსებენ დასათეს ორგანოს ნაწილაკს უმატებენ ერთ-ორ წვეთ ემბრიონის ექსტრაქტს და ელოდებიან სისხლის პლაზმის შედედებას. ეს ხდება შედარებით სწრაფად. ამის შემდეგ საფარ მინას თავქვე გადაატრიალებენ და სდებენ ქსოვილის კულტურის კამერაზე მის ცენტრში არსებული ჩაღრმავების პირისპირ. ქსოვილის კულტურის კამერა მზადდება სქელ ე. წ. სარკის მინისაგან, მას ოთხკუთხი ფორმა აქვს და ერთ მხარეზე ცენტრში ჩაღრმავებულია (სურ. 42—ბ).

ჰერმეტულობის შესაქმნელად, რომ ქსოვილის კულტურა არ გაშრეს და აგრეთვე არ მოხდეს მისი ინფიცირება, საფარი მინის ნაპირებს შემოავლებენ გალღობილ პარაფინს.

თუ კულტივირებას ახდენენ კარელის ფინჯანში [კარელის ფინჯანი წარმოადგენს 3—5 სანტიმეტრის დიამეტრის და პარალელური ზედაპირების მქონე (ზემო და ქვემო) მინის ბრტყელ ჭურჭელს; კარელის ფინჯანი დახშულია ყოველმხრივ მხოლოდ ერთ გვერდზე მისგან გამოდის მოკლე მრგვალი სანათურის მქონე ყელი (სურ. 43)], მასში პიპეტით ასხამენ საჭირო რაოდენობით სისხლის პლაზმას და ემბრიონის ექსტრაქტს. ამგვარ ნიადაგში ათავსებენ ორგანოს ერთ ან რამდენიმე ნაწილაკს და შემდეგ ჰერმეტულად ახშობენ კარელის ფინჯანის სანათურს. კულტურის ზრდის პერიოდში ამ შემთხვევაშიაც საჭიროა ნიადაგის განახლება ან გამოცვლა-გადათესვა სხვადასხვა წესით.

დათესვის შემდეგ კულტურას დგამენ თერმოსტატში (კულტურას დღის სინათლე ვნებს), რომელშიაც ტემპერატურა უნდა უდრიდეს იმ ორგანიზმის სხეულის შინაგან ტემპერატურას, რომლისაგანაც აღებული იყო დათესილი ნაპერი.

დათესვის შემდეგ ნაპერში უმალვე იწყება ზრდა-განვითარება. დათესილი ნაპრის ირგვლივ ვითარდება, ე. წ. ზრდის ზონა. ნაპრიდან ზოგჯერ წარმოიშობა თხელი ფირფიტა, ე. წ. მემბრანა.

ქსოვილის კულტურაში მოზარდ ქსოვილზე და მის შემადგენელ უჯრედებზე შესაძლებელია სხვადასხვაგვარი ექსპერიმენტების წარმოება და ხანგრძლივი ვიზუალური დაკვირვება. ქსოვილის კულტურაზე დაკვირვების დროს მიკროსკოპი იდგმება სპეციალურ, გამთბარ კარადაში.

შესაძლებელია აგრეთვე ქსოვილებისა და უჯრედების ზრდა-განვითარების გადაღება კინო-აპარატის საშუალებით, მოსკოვისა და ლენინგრადის ჰისტოლოგიურ ლაბორატორიებში შექმნილია შესანიშნავი ფილმები, რომლებშიაც მკაფიოდაა ნაჩვენები ქსო-

ვილებისა და მათი შემადგენელი ელემენტების ცხოველმყოფელობა ქსოვილის კულტურის პირობებში (ცაიტრაფერული ანუ შენელებული კინოგადაღება).

გარკვეული დროის შემდეგ, ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტების დაგროვების გამო, ქსოვილის კულტურაში ზრდა ნელდება და ბოლოს სავსებით წყდება. თუ თავის დროზე არ გამოეცვალა ნიადაგი ასეთ კულტურას, იგი დაიღუპება. საჭიროა მისი ახალ ნიადაგში გადატანა—ნიადაგის განახლება. კვლევის მიზანდასახულების მიხედვით არსებობს ნაჭრის კულტივირების სხვადასხვა წესი და ამის მიხედვით გადათესვასაც სხვადასხვაგვარად ახდენენ. ერთ შემთხვევაში მოზარდი ქსოვილის კულტურას დაანაწილებენ და ნაწილებს ცალ-ცალკე დათესავენ, მეორე შემთხვევაში მოზარდი ქსოვილის კულტურას ახალ ნიადაგზე გადათესავენ დაუნაწილებლად.

## 4. გამოკვლევა სუპრავიტალურ მდგომარეობაში

სუპრავიტალური მდგომარეობა გულისხმობს ახალი მასალის გამოკვლევას უმალვე მისი სხეულიდან ამოკვეთის შემდეგ. რადგან ეს მასალა მოწყდა ორგანიზმის შიდა გარემოს, ცხადია, იგი არ იმყოფება სრულფასოვან ცოცხალ მდგომარეობაში. ორგანიზმის ნაწილების იზოლაცია იწვევს მათ დაზიანებას და ნორმული ფიზიოლოგიური პროცესის დარღვევას.

ახლად ამოკვეთილ ჯერ კიდევ ცოცხალ ნაწილს ისეთი ფორმა უნდა მიეცეს, რომ ის მიკროსკოპში დაკვირვებისათვის გამოსადეგი იყოს, ე. ი. თხელი იყოს და ცოტად თუ ბევრად გამჭვირვალე. სხეულის ზოგი ორგანო ან მისი რომელიმე ნაწილი თავისთავად თხელია და ცოტად თუ ბევრად გამჭვირვალე, მაგ., ჯორჯალი, ბადექონი, თავის ტვინის ქსელისებრი ან სისხლძარღვოვანი გარსი და სხვა. თუკი აღებული ორგანო სქელია, ამ შემთხვევაში მას ბასრი დანით აათლიან თხელ ფირფიტას (მაგ., ღრტილს) ან კიდევ ორგანოს ან მის ანათალს დაწვრილმანების მიზნით გახლეჩენ საპრეპარაციო ნემსებით. ზოგჯერ სუპრავიტალური დაკვირვებისათვის, თუ სურთ, მაგალითად, რომელიმე ეპითელის გამოკვლევა, დანით მოფხეკენ სათანადო ორგანოს ზედაპირს.

სუპრავიტალური გამოკვლევისას, იმის მიხედვით თუ რა სურთ გამოიკვლიონ, მიმართავენ ობიექტის მექანიკური დამუშავების სხვადასხვა ხერხს. მაგ., ფაშარი შეშაერთებელი ქსოვილის ბოჭკოების გამოსაკვლევად სუპრავიტალურ მდგომარეობაში ცხო-

ველს (მაგ., თაგვს) ჯერ მაკრატლით ამოკვეთენ კანქვეშ თხელ ფირფიტას, შემდეგ იგი სწრაფად გადააქვთ სასაგნე მინაზე და ჭიმავენ ნემსებით, ვიდრე არ მიიღებენ უთხელეს ფირფიტას.

ორგანოს ანათალი, გახლეჩილი თუ მონაფხეკი ნაწილი, დაკვირვების დროს უნდა სველდებოდეს სისხლის პლაზმით ან სხვა რომელიმე სხეულის სითხით, ან ხელოვნურად დამზადებულ ხსნარით.

ყოველგვარი სხვა მანიპულაციაც ამგვარივე სითხეში ან ხსნარში უნდა ხდებოდეს. ზოგჯერ, გამონაკლისის სახით, მანიპულაციების დროს ასეთ სითხეს არ ხმარობენ. მაგ., ზემოაღნიშნული ფაშარი შემაერთებელი ქსოვილის გამოკვლევისას, სითხეს აწვეთებენ მასზე მხოლოდ სხეულიდან ამოკვეთისა და გაჭიმვის შემდეგ.

ცხოველთა ქსოვილებზე და უჯრედებზე მანიპულაციებისა და დაკვირვებისათვის იხმარება შემდეგი ბუნებრივი სითხეები:

1. სისხლის პლაზმა (ყველაზე უმჯობესია), 2. სისხლის შრატი, 3. თვალის წინა კამერის სითხე, 4. ამნიონის სითხე, 5. პლევრული ან პერიტონეული ექსუდატი:

უმჯობესია ვიხმაროთ იმ ცხოველის ბუნებრივი სითხე, რომელსაც ვიკვლევთ.

ხელოვნური სითხეებიდან შეიძლება დავასახელოთ:

ტ ი რ ო დ ე ს ხ ს ნ ა რ ი:

1. NaCl—0,8;
2. $CaCl_2$—0,02;
3. KCl—0,02;
4. MgCl 0,001;
5. $NaH_2PO$—0,005;
6. $NaHCO_3$—0,1;
7. $C_6H_{12}O_6$—0,1;
8. დესტილირებული წყალი 100 სმ³.

ტიროდეს ხსნარის სტერილიზებას ახდენენ სპეციალურ ფილტრში, მაგ., ბერკენფელდის ფილტრში გატარებით.

რ ი ნ გ ე რ ი ს ხ ს ნ ა რ ი:

1. NaCl—0,85;
2. KCl—0,025;
3. $NaHCO_3$ - 0,02;
4. $CaCl_2$ - 0,03;
5. ბიდესტილატი—100 სმ³.

მარილებს წყალში ხსნიან დასახელებული თანმიმდევრობით. რინგერის ხსნარის გასტერილებას ახდენენ სპეციალურ ფილტრში.

ფ ი ზ ი ო ლ ო გ ი უ რ ი ხ ს ნ ა რ ი:

1. NaCl—0,9;

2. დესტილირებული წყალი—100 სმ³.

კონტრასტული სურათის მიღების მიზნით შეუღებავ ცოცხალ ობიექტზე უმჯობესია დაკვირვების წარმოება ფაზო-კონტრასტული მიკროსკოპირების მეთოდით (იხ. გვ. 46).

## 5. ცოცხალი ობიექტის გამოკვლევა შეღებილ მდგომარეობაში

გამოკვლევა ვიტალურ და სუპრავიტალურ მდგომარეობაში მყოფი ობიექტის გამავალ სინათლეზე ხშირად არ იძლევა სასურველ ეფექტს, ვინაიდან პრეპარატის ნაწილაკებს შორის განსხვავება სინათლის გარდატეხის ხარისხში მეტად მცირეა. ამ მხრივ კარგ შედეგს იძლევა მხოლოდ ფაზო-კონტრასტული მეთოდის გამოყენება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მთელი რიგი მიზეზების გამო გამოკვლევის ეს ახალი მეთოდი ჯერჯერობით ფართოდ გავრცელებული არ არის.

ცოცხალი ობიექტების გამოკვლევისას, მათი ელემენტების ურთიერთშორის გამოყოფის მიზნით, ახდენენ პრეპარატის შეღებვას (იხ. „შეღებვა").

ცოცხალ მდგომარეობაში მყოფი ობიექტის შეღებვას და გამოკვლევას აწარმოებენ სხვადასხვა გზით, თუ ცხოველი წყალში ცხოვრობს (მაგ., აკვარიუმში), მაშინ საღებავს უმატებენ წყალს. ხმელეთზე მცხოვრებ ცხოველებს საღებავს უშხაპუნებენ კანქვეშ ან სისხლის ძარღვში. ზოგჯერ ცხოველის სტუქტურული კომპონენტების შეღებვა შესაძლებელი ხდება საღებავის საჭმლის მომნელებელი სისტემის გზით შეყვანის საშუალებითაც. ყველა დასახელებულ შემთხვევაში შეღებილ ორგანოს ან მის ნაწილს შეისწავლიან in situ ან ორგანიზმიდან ამოკვეთის შემდეგ. უკანასკნელ შემთხვევაში მას გამოკვლევის წინ საჭიროების მიხედვით აწვრილმანებენ. ამისათვის იყენებენ ზემოთ აღნიშნულ სხვადასხვა ხერხს.

ობიექტის შეღებვა შესაძლებელია აგრეთვე ორგანიზმიდან მისი ამოკვეთისა და უმეტეს შემთხვევაში—მისი დაწვრილმანების შემდეგ.

ქსოვილის კულტურაში სათანადოდ განზავებულ საღებავს შესაბამისი რაოდენობით უმატებენ კულტურის ხელოვნურ ნიადაგს.

ყოველ ცალკე შემთხვევაში წარმოებს საღებავის საჭირო კონცენტრაციისა და სხვა ოპტიმალური პირობების შერჩევა (მჟავე ან ტუტე ხასიათის საღებავი და სხვა).

მჟავე საღებავებიდან ვიტალური შეღებვისათვის უფრო ხშირად ლურჯი ტრეპანი და ლითიუმის კარმინი იხმარება.

ძირითადი საღებავებიდან კი—ნეიტრალური წითელი, მეთილენის ლილა და მწვანე იანუსი.

ლუმინესცენტური საღებავების წინასწარი შეშხაპუნების შემდეგ ზოგჯერ შესაძლებელია ამა თუ იმ ორგანოზე დაკვირვება ცოცხალ მდგომარეობაში. ასე, მაგალითად, ტრიპაფლავინის შეშხაპუნების შემდეგ (ბაყაყის, თაგვის ან ვირთაგვისათვის) ლუმინესცენტურ მიკროსკოპში ნერვული ბოჭკოების სხვადასხვა ნაწილი სხვადასხვა ფერში განიცდის ფლუორესცირებას. ასეთი შეღებვის შედეგად შვანის ბირთვები ანათებენ ღია ყვითელი ფერით, რბილი გარსი—ღია მწვანე ფერით, უმიელინო ნერვული ბოჭკოები—წითელი ფერით და სხვა.

## II. ფიქსირებული ობიექტის გამოკვლევა

ცოცხალ ობიექტთან შედარებით ფიქსირებული პრეპარატის დამზადება ჩვეულებრივ მოითხოვს წინასწარი დამუშავების შედარებით რთულ პროცედურას. ეს პროცედურა საბოლოოდ გულისხმობს, ე. წ. მუდმივი პრეპარატის დამზადებას. ფიქსირებული პრეპარატის დამზადებაში არჩევენ მთელ რიგ თანმიმდევრობით მიმდინარე ძირითად მომენტებს:

1. მასალის ფიქსაციას, 2. ანათლების ან ტოტალური პრეპარატის დამზადებას[1] და 3. შეღებვას.

საბოლოოდ, როგორც ანათლებს, ისე ტოტალურ პრეპარატს ჩვეულებრივად აძლევენ ე. წ. მუდმივი პრეპარატის სახეს.

### მასალის ფიქსაცია

ცნობილია, რომ ორგანიზმის სიკვდილის შემდეგ მისი შემადგენელი ორგანოები კიდევ განაგრძობენ სიცოცხლეს. ზოგი ორგანო შედარებით დიდხანს ცოცხლობს, ზოგი კი—შედარებით მოკლე ხანს. ასეთ ორგანოებში ხშირად გრძელდება ნივთიერებათა ცვლა და მასთან დაკავშირებით უჯრედების ზრდა-გამრავლება გაყოფის გზით და სხვა. დროის გავლენით ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობა თანდათან მცირდება და წყდება. ნივთიერებათა ცვლის შემცირებისა და, განსაკუთრებით, მისი შეწყვეტის შემდეგ იწყება ორგანოებისა და მისი ნაწილების დაშლა. დაშლა ძირითადად ნივთიერებათა ცვლის შედეგად დაგროვილი პროდუქტების გავლენით ხდება. ორგანოების დაშლა გულისხმობს სიცოცხლეში არსებული

[1] ტოტალური პრეპარატის დამზადება ზოგჯერ ობიექტის ფიქსაციამდე ხდება.

მიკროსტრუქტურების დარღვევას მეტნაკლები ხარისხით და ბოლოს მათ სრულ მოსპობას. სიკვდილისშემდგომი ცვლილებები ძალიან სწრაფად იწყება. ასე მაგ., თირკმლებში სიკვდილიდან უკვე 15 წუთის შემდეგ ადგილი აქვს ძლიერ გამოხატულ ცვლილებებს. დაშლის პროცესის თავიდან აცილების მიზნით. ორგანიზმის სიკვდილის შემდეგ უმალვე ახდენენ გამოსაკვლევი ორგანოების ძლიერი შხამებით გაჟღენთვას. ასეთი შხამებია: ალკოჰოლი, ფორმალინი, სამქლორძმარმჟავა, სულემა, ქლორის მარილების ხსნარები, ოსმიუმის მჟავა და სხვა. შხამებით გაჟღენთვის ამ პროცესს ფიქსაცია ეწოდება, შხამებს კი საფიქსაციო ნივთიერებებს უწოდებენ. საფიქსაციო ნივთიერებები ძირითადად სითხეებს წარმოადგენენ.

ფიქსაციის საშუალებით აღწევენ გამოსაკვლევი ობიექტის 1) სწრაფ სიკვდილს და 2) მის კონსერვაციას სიკვდილის შემდგომი ცვლილებების აცილების მიზნით.

ფიქსაციის დროს ერთი თვისობრივი მდგომარეობიდან ობიექტი მკვეთრად განსხვავებულ მეორე თვისობრივ მდგომარეობაში გადადის. სწრაფი სიკვდილი გამოწვეულია ობიექტში მიმდინარე შეუქცევადი ხასიათის მეტად ღრმა (ულტრასტრუქტურული და ფუნქციური) ცვლილებებით. ამიტომ სიცოცხლეში არსებული ულტრასტრუქტურის შენარჩუნება ფიქსირებულ ობიექტში თეორიულად წარმოუდგენელია და პრაქტიკულად შეუძლებელი. ამავე დროს ფიქსირებული და ცოცხალი ობიექტების მრავალჯერ შედარებამ სარწმუნო გახადა, რომ ფიქსაციის შედეგად უჯრედის ორგანიზაციის მიკროსკოპული სტრუქტურა მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდის, ე. ი. ფიქსაციის საშუალებით გარკვეულ ფარგლებში შესაძლებელია სიცოცხლეში არსებული მიკროსკოპული სტრუქტურის შენარჩუნება.

აღსანიშნავია, რომ ფიქსაცია მეტად რთული პროცესია და მისი არსი მთლიანად ჯერ კიდევ გაუკვეველია.

ფიქსაციის დროს, როგორც წესი, ადგილი აქვს ცილების კოაგულაციას და მათ გადაყვანას. უხსნად მდგომარეობაში. ამ მხრივ ერთ-ერთ გამონაკლისს შეადგენს ოსმიუმის მჟავა, რომელიც პროტოპლაზმას ისე ინახავს, რომ არ იწვევს მისი ცილების დალექვას. ამასთანავე, სხვა საფიქსაციო ნივთიერებებთან შედარებით, ოსმიუმის მჟავა ობიექტში ყველაზე მცირე ხარისხით იწვევს მიკროსკოპში დასანახ სტრუქტურულ ცვლილებებს.

ვინაიდან თანამედროვე შეხედულებათა საფუძველზე ციტოპლაზმა წარმოადგენს კოლოიდურ სისტემას, ამიტომ კოაგულაციის

დროს მიმდინარე ცვლილებებიც განხილულ უნდა იქნეს ამ სისტემასთან დაკავშირებით. როგორც ცნობილია, კოლოიდურ ხსნარებს ახასიათებთ დისპერგირებული ნაწილაკების განსაზღვრული ოდენობები 0,2-დან 1 მილიმიკრონამდე. ამ ნაწილაკებს, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, უწოდებენ სუბმიკრონებს ანუ ულტრამიკრონებს; ისინი ულტრამიკროსკოპში მეტნაკლებად ჩანან.

კოლოიდურ ხსნარებში შეუძლებელია დისპერგირებული ნაწილაკების აგრეგატული მდგომარეობის განსაზღვრა, ამიტომ ამჟამად ამჯობინებენ მათ დაყოფას არა სუსპენზიებად და ემულსიებად, არამედ ლიოფილურ და ლიოფობურ კოლოიდებად.

ულტრამიკროსკოპულ გამოკვლევებზე დაყრდნობით დადგენილია, რომ ციტოპლაზმა წარმოადგენს სწორედ ლიოფილურ კოლოიდურ სისტემას, რომელიც შედგება ძლიერ და სუსტად ჰიდრატირებულ მიცელების რთულ კომპლექსისაგან.

ცოცხალი პროტოპლაზმის მიცელები ძირითადად წარმოდგენილია ცილებით, ცხიმებითა და ცხიმისმაგვარ ნივთიერებებით.

ლიოფობურ კოლოიდებისაგან განსხვავებით, სადაც ორივე—გახსნილ და გამხსნელ ფაზას შორის მკაფიოდ გამოხატული საზღვარია, ლიოფილურ კოლოიდებს ნაწილაკების ირგვლივ აქვთ ე. წ. სოლვატური გარსი. ულტრამიკროსკოპით გამოკვლევისას მტკიცდება, რომ სოლვატური გარსის არსებობის გამო ლიოფილური მიცელები და გახსნილი ფაზა თანდათანობით გადადიან ერთიმეორეში. მათ შორის არ ჩანს ოპტიკური საზღვარი. ამ გარემოებით აიხსნება ცოცხალი უჯრედის—ციტოპლაზმისა და ბირთვის ოპტიკური სიცარიელე მიკროსკოპში.

ჰიდროფილური კოლოიდების სუბმიკრონებს გააჩნიათ ელექტრული მუხტის შეძენის უნარი. ეს ხდება ან სუბმიკრონების მიერ იონების ადსორბციის გზით, ან სუბმიკრონების ნაწილობრივი ხსნადობის შედეგად, რაც დაკავშირებულია იონიზაციასთან. ელექტრული მუხტი და სოლვატური გარსების არსებობა ხელს უწყობს ლიოფილური კოლოიდების სტაბილობას ხსნარში.

საფიქსაციო ნივთიერების გავლენით, კოლოიდურ სისტემაში მიცელები კარგავენ მუხტს და სოლვატურ გარსს. ამის შედეგად კი წარმოიქმნება ფაზების ურთიერთშორის გამოყოფა. კ ო ლ ო ი დ ურ ს ი ს ტ ე მ ა შ ი ფ ა ზ ე ბ ი ს უ რ თ ი ე რ თ გ ა მ ო ყ ო ფ ა ს ე წ ო დ ე ბ ა დ ა ლ ე ქ ვ ა, ა ნ უ კ ო ა გ უ ლ ა ც ი ა.

კოაგულაციის შედეგად ობიექტში ადგილი აქვს შემდეგ ცვლილებებს:

1. კოაგულაციის დროს კოლოიდურ ხსნარებში ხდება ნაწილაკების გამსხვილება მათი ურთიერთ შეერთების გამო მოლეკულური ძალების მოქმედების შედეგად, რაც იწვევს ე. წ. მიკრონების აღმოცენებას, ე. ი. ულტრასტრუქტურის შეცვლას მიკროსტრუქტურით.

2. კოაგულაციის შედეგად წყდება ნივთიერებათა ცვლა და მასთან დაკავშირებული ნაწილაკების განუწყვეტელი მოძრაობა. ცოცხალი პროტოპლაზმის ლაბილური მდგომარეობა გადადის სტაბილურ მდგომარეობაში.

3. ფიქსირებულ ობიექტში კოაგულაციის შედეგად ობიექტის ნაწილებს შორის იზრდება ოპტიკური დიფერენცირების ხარისხი.

4. ფიქსაციის შედეგად ხდება ობიექტის მოცულობის შეცვლა; უფრო ხშირად იგი პატარავდება, იშვიათად, რამდენიმედ იზრდება გაბერვის შედეგად.

5. ფიქსაციის შედეგად ობიექტი მეტწილად მკვრივდება. ზოგჯერ კი ადგილი აქვს მისი ფორმის შეცვლასაც.

ფიქსაციის მიზნით გამოსაკვლევ ობიექტს ჩვეულებრივ ათავსებენ საფიქსაციო სითხეში. საფიქსაციო სითხეში მოთავსებასთან შედარებით, უკეთეს შედეგს იძლევა საფიქსაციო სითხის შეყვანა გამოსაკვლევი ცხოველის სისხლის ძარღვებში. საფიქსაციო სითხე ამ დროს უკეთ შეაღწევს ორგანოების ყველა მიდამოში, მაგრამ უნდა ვიზრუნოთ, რომ სისხლის ძარღვები სითხის შეშხაპუნების დროს ღია იყოს. საფიქსაციო სითხის სისხლის ძარღვებში შეშხაპუნებიდან რამდენიმე ხნის გასვლის შემდეგ გამოსაკვლევ ორგანოს ამოკვეთენ და ათავსებენ იმავე საფიქსაციო სითხეში.

არსებობს საფიქსაციო სითხეები მარტივი და რთული. მარტივი საფიქსაციო სითხე შეიცავს ერთ რომელიმე შენაერთს, მაგ., ფორმალინს, ალკოჰოლს, ოსმიუმის მჟავას და სხვ. რთული საფიქსაციო სითხის შემადგენლობაში კი შედის რამდენიმე შენაერთი, ასეთი სითხეებია მაგ., ალტმანის სითხე, რომელშიაც შედის ქრომის მჟავა, ოსმიუმის მჟავა და ყინულოვანი ძმარმჟავა; მიულერის სითხე, რომელშიაც შედის კალიუმის ბიქრომატი, გოგირდმჟავა ნატრიუმი და დესტილირებული წყალი.

შედგენილობის მიხედვით საფიქსაციო სითხეები იყოფა რამდენიმე ჯგუფად. ცნობილია შემდეგი ძირითადი ჯგუფის საფიქსაციო სითხეები: ალკოჰოლის, ქრომმჟავის, კალიუმის ბიქრომატის, ფორმალინის, ოსმიუმის მჟავის, ძმარმჟავის, პიკრინის მჟავის, სულემის შემცველი ხსნარები.

სხვადასხვა შედგენილობის საფიქსაციო სითხეების რაოდენობა მეტად დიდია. არ არსებობს რომელიმე ერთი უნივერსალური საფიქსაციო სითხე, რომელიც ქსოვილებისა და უჯრედების ყველა შემადგენელი ნაწილის ერთნაირად კარგ ფიქსაციას ახდენდეს. ამიტომ საფუძვლიანი მეცნიერული გამოკვლევის დროს ყოველთვის გამოყენებული უნდა იქნეს სხვადასხვა საფიქსაციო სითხე.

საფიქსაციო სითხის შერჩევა ხდება იმისდა მიხედვით, თუ რა მიზანს ისახავს ობიექტის გამოკვლევა. ასე, მაგ., თუ სურთ გამოიკვლიონ უჯრედში გლიკოგენის განაწილება, ობიექტის ფიქსაციას აწარმოებენ სპირტში ან სპირტის შემცველ საფიქსაციო სითხეში. თუ სურთ უჯრედში ცხიმის გამოვლინება საფიქსაციო სითხის სახით სპირტის ხმარება დაუშვებელია.

ფიქსაციის კარგი შედეგი ბევრად დამოკიდებულია ობიექტში საფიქსაციო სითხის სწრაფ შეღწევაზე.

საფიქსაციო სითხეებს შორის ზოგი შედარებით სწრაფად აღწევს ორგანოში, მაგ., ფორმალინი, სპირტი, ძმარმჟავა, ოქრომჟავა კალიუმი, ზოგი კი შედარებით ნელა: პიკრინის მჟავა, ოსმიუმის მჟავა და სხვა.

საფიქსაციო სითხეების სხვადასხვა სისწრაფით შეღწევის მაგალითები მოცემულია სურათზე (სურ. 44).

საფიქსაციო სითხე ობიექტში დიფუზიის გზით აღწევს. საფიქსაციო სითხეების დიფუზია ობიექტში დამოკიდებულია, ერთი მხრივ, საფიქსაციო სითხის თვისებებზე, მის კონცენტრაციაზე, ტემპერატურაზე და სხვ. მეორე მხრივ კი, საფიქსაციო ორგანოს თვისებებზე—ძირითადად მის აგებულებაზე.

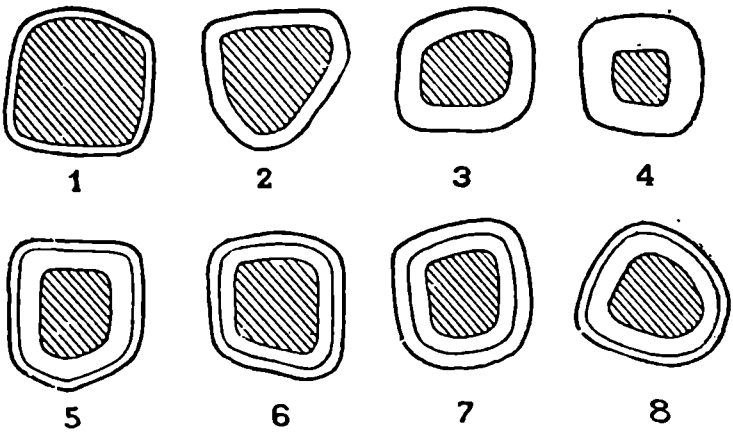
ობიექტში საფიქსაციო სითხის ნელი შეღწევის შემთხვევაში შესაძლებელია, რომ მის ღრმად მდებარე ნაწილებში სიკვდილის შემდეგ ადგილი ჰქონდეს ღრმა ცვლილებებს.

საფიქსაციო სითხის შერჩევისას გათვალისწინებული უნდა იყოს აგრეთვე ობიექტის ამა თუ იმ საღებავით შეღებვის საჭიროება. რიგ შემთხვევაში ამა თუ იმ საფიქსაციო სითხის ხმარების შემდეგ ზოგი საღებავი ხსნარის ხმარება მიზანშეუწონელია, რადგან ცუდ შედეგს იძლევა. მაგ., ოსმიუმის მჟავით ფიქსაციის შემთხვევაში ობიექტი ცუდად იღებება ჰენატოქსილინის ხსნარებით.

რთულ საფიქსაციო სითხის კომპონენტები ზოგჯერ სხვადასხვა სისწრაფით აღწევენ ობიექტის სისქეში. განსხვავებული დიფუზია ზოგჯერ იწვევს ობიექტის ზედაპირულ და ღრმად მდებარე ნაწილების სხვადასხვაგვარ ფიქსაციას. მაგალითად, ფლემინგის საფიქსაციო სითხის ხმარების შემთხვევაში ოსმიუმის მჟავა, მცირე

დიფუზიის უნარის გამო, იწვევს ობიექტის მხოლოდ თხელი ზედაპირული შრის ფიქსაციას. ღრმა ნაწილებში კი ძირითადად ძმრის მჟავა აღწევს. ამავე დროს ობიექტის თავისუფალ ზედაპირთან მდებარე უჯრედები განიცდიან ოსმიუმის მჟავას ზედმეტ ზეგავლენას. ამის გამო სტრუქტურის გარჩევა ასეთ უჯრედებში შეუძლებელია.

ზოგ საფიქსაციო ხსნარს გააჩნია ე. წ. მემბრანოგენური მოქმედების უნარი, ე. ი. ორგანოს ფიქსირებული ზედაპირული შრე წარმოადგენს ერთგვარ მემბრანას—გარსს, რომელიც შემდეგ ხელს




სურ. 44. ობიექტში საფიქსაციო სითხის შეღწევის სქემა (ღვიძლის ნაჭერში). 4 საათის განმავლობაში.

ზემო მწკრივში მოცემულია მარტივი საფიქსაციო სითხეები: 1% ოსმიუმის მჟავისათვის 0,5—1 მმ (1); კონცენტრირებული სულემისათვის 1,5—2 მმ (2), 2% აზოტმჟავა 3—4 მმ (3); კონცენტრირებული ფორმალინისათვის 3—4 მმ (4);

ქვემო მწკრივში მოცემულია რთული საფიქსაციო სითხეები: 1% ოსმიუმის მჟავისა და 5% ძმრის მჟავისათვის (5); კონცენტრული სულემისა და 1% ძმრის მჟავისათვის (6); ორქრომჟავა კალიუმისა და ძმრის ხიმჟავისათვის (7); ფულემინგის სითხისათვის (8).

სურათზე დაშტრიხულია ობიექტის ის ნაწილი, რომელშიაც საფიქსაციო სითხემ ვერ შეაღწია.

უშლის საფიქსაციო სითხის ორგანოს სისქეში შეღწევას. ამიტომ ასეთ შემთხვევებში ფიქსაციას განიცდის მხოლოდ ობიექტის უმნიშვნელო სისქის ზედაპირული შრე.

ზემოაღნიშნულის გარდა, ფიქსაციის წარმოების დროს საჭიროა შემდეგი პირობების დაცვა:

1. საფიქსაციო სითხე, როგორც წესი, ობიექტში აღწევს ნელა და განსაზღვრულ სიღრმეში. ამიტომ კარგი ფიქსაციის უზრუნველსაყოფად უმჯობესია გამოსაკვლევ ობიექტს ჰქონდეს, რაც შეიძლება მცირე დიამეტრი (1—3 მილიმეტრი).

2. საფიქსაციო სითხე ბევრად უნდა აღემატებოდეს (საშუალოდ 100-ჯერ) ობიექტის მოცულობას, რომლის ფიქსაციაც განზრახულია. გამონაკლისს შეადგენს ოსმიუმის მჟავა, რომელიც საკმარისია 5—10-ჯერ მეტ მოცულობისა იყოს საფიქსაციო ობიექტთან შედარებით.

3. ფიქსაცია უმჯობესია წარმოებდეს მაცივარში დაბალ ტემპერატურაზე (0—5°-მდე).

4. ზოგი საფიქსაციო სითხე საჭიროებს რამდენიმეჯერ გამოცვლას, ამისათვის კრიტერიუმად გამოდგება საფიქსაციო სითხის ამღვრევა ან მასში ნალექის წარმოშობა.

5. ფიქსაციის შემდეგ რიგი საფიქსაციო სითხე მოითხოვს ობიექტიდან ამოცლას. ამ მიზნით ობიექტს რეცხავენ მიმდინარე წყალში (ონკანის ქვეშ) 24 საათი, ზოგჯერ მეტი ხნის განმავლობაში.

## საფიქსაციო სითხეები

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, საფიქსაციო სითხეები მეტად მრავალია. ჩვენ აქ მაგალითისათვის დავასახელებთ მხოლოდ რამდენიმე საფიქსაციო სითხეს.

1. ფორმალინი (40% ფორმალდეჰიდი) კარგი, ყველაზე მეტად გავრცელებული საფიქსაციო სითხეა. იგი შედარებით სწრაფად აღწევს ობიექტში, იაფია და კარგად ინახავს ფიქსირებულ ობიექტს დიდი ხნის განმავლობაში.

ფორმალინი ხშირად იხმარება ე. წ. ტოტალური პრეპარატების დამზადების დროს. თუ სპეციალური მითითება არ არის, ფორმალინს ჩვეულებრივად ანზავებენ უბრალო წყალში 1 : 4 ან 1 : 10. ფიქსაციის შემდეგ მეტ წილად უმჯობესია ობიექტის გარეცხვა მიმდინარე წყალში 24 საათის განმავლობაში.

ფორმალინი ობიექტში კარგად ინახავს ცხიმებსა და ლიპოიდებს, ამიტომ იგი ხშირად იხმარება ნერვული სისტემის გამოსაკვლევად. გარდა ამისა, ფორმალინი საკმარისად ამკვრივებს ობიექტს და შესაძლებლობას იძლევა მასში ფიქსირებული მასალა დაჭრილი იქნას გამყინავი მიკროტომით. ფორმალინი ხშირად იხმარება აგრეთვე როგორც კომპონენტი ზოგიერთი რთული საფიქსაციო სითხეების დამზადების დროს.

ზოგჯერ საფიქსაციოდ ხმარობენ ე. წ. ნეიტრალურ ფორმალინს (მაგ., პრეპარატების გაეერცხლვის დროს). ნეიტრალური ფორმალინის დასამზადებლად საჭიროა ფორმალინის ჩასხმა ყავისფერ ჭურჭელში და ნახშირმჟავა კალციუმის ფხვნილის მიმატება იმ რაოდენობით, რომ ჭურჭლის ფსკერზე შეიქმნას 1—2 სანტიმეტრის სისქის შრე. ფორმალინის ნეიტრალიზაცია ხდება 24 საათის განმავლობაში. ამავე დროს საჭიროა ხსნარის ხშირი შენჯღრევა.

2. მიულერის საფიქსაციო სითხე შედგება 100 სმ³. გამოხდილი წყლისაგან, 2,5 გრ. კალიუმის ბიქრომატისაგან და 1 გრ. გოგირდმჟავა ნატრიუმისაგან. მიულერის საფიქსაციო სითხე დიდხანს არ ფუჭდება. ამიტომ იგი ჩვეულებრივ დიდი რაოდენობით მზადდება და ინახება ლაბორატორიაში. მიულერის სითხე შედის ცენკერის სითხის შემადგენლობაში.

3. ცენკერის საფიქსაციო სითხე შედგება 100 სმ³ მიულერის სითხისაგან, 5 გრ. სულემისაგან და 5 სმ³ უწყლო ძმრისმჟავისაგან. უკანასკნელს უმატებენ ხმარების წინ.

4. მაქსიმოვის საფიქსაციო სითხე შედგება ცენკერის საფიქსაციო სითხისაგან, რომელშიაც ძმარმჟავას ნაცვლად უმატებენ ფორმალინს ყოველ 100 სმ³.-ზე 10 სმ³.

ცენკერისა და მაქსიმოვის საფიქსაციო სითხეში ფიქსაცია ნაჭრების სიდიდის მიხედვით გრძელდება 1—24 საათამდე. ფიქსაციის შემდეგ ობიექტი საჭიროებს გარეცხვას მიმდინარე წყალში 24 საათამდე. ამ სითხით ფიქსაციის შემდეგ საჭიროა პრეპარატის დამუშავება იოდით (იოდიზაცია). იოდიზაცია საჭიროა ობიექტიდან სულემის ნალექების ამოსაცლელად.

იოდიზაციას ახდენენ ობიექტის ფიქსაციისა და გარეცხვის შემდეგ ან ანათლების შეღებვის წინ. უმჯობესია იოდიზაცია ვაწარმოოთ ორივე შემთხვევაში.

პირველ შემთხვევაში ნაჭერს ათავსებენ 70° ალკოჰოლში, რომელსაც უმატებენ ლუგოლის ხსნარს, სანამ იგი კონიაკის ფერს არ მიიღებს. ასეთ ხსნარს საჭიროების მიხედვით რამდენიმეჯერ ცვლიან, სანამ ობიექტის გარშემო არ შეწყდება უფერული სითხის შრის წარმოშობა.

ლუგოლის ხსნარის დამზადება: 2 გრ. იოდკალიუმს ხსნიან დაახლოებით 5 სმ³ გამოხდილ წყალში, უმატებენ 1 გრ. იოდს, რომელიც იხსნება რამდენიმე წუთში; შემდეგ უმატებენ დესტილირებულ წყალს 300 სმ³-მდე.

მეორე შემთხვევაში ანათლები შეღებვის წინ 70° ალკოჰოლიდან გადააქვთ ლუგოლის ხსნარ-მიმატებულ 70° ალკოჰოლში, ასეთ ალკოჰოლს კონიაკის ფერი უნდა ჰქონდეს, შემდეგ ისევ 70° ალკოჰოლში, ალკოჰოლიდან გამოხდილ წყალში, გამოხდილი წყლიდან 0,25% ჰიპოსულფიტის ხსნარში დაბოლოს, ისევ გამოხდილ წყალში.

მაქსიმოვის საფიქსაციო სითხით ფიქსაციის შემდეგ ანათლები უმეტეს შემთხვევაში კარგად იღებება, განსაკუთრებით ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსილინით.

5. ბუენის საფიქსაციო სითხე შედგება 15 სმ³ პიკრინმჟავას მაძღარი ხსნარისაგან, 5 სმ³ ფორმალინისაგან და 1 სმ³ ყინულოვანი ძმარმჟავისაგან. მზადდება ex tempore. ფიქსაცია გრძელდება ობიექტის სიდიდის მიხედვით 2—24 საათამდე. ბუენის ხსნარი კარგ საფიქსაციო სითხედ ითვლება. ის ხშირად იხმარება ემბრიონული მასალის დასამუშავებლად. ბუენის სითხიდან ფიქსაციის შემდეგ ობიექტი პირდაპირ გადააქვთ 70°—80° ალკოჰოლში და უცვლიან მას 2—3-ჯერ. ბუენის სითხით ფიქსირებული ობიექტები კარგად იღებება.

6. შამპის საფიქსაციო სითხე შედგება 1% ქრომის მჟავისაგან 7 სმ³, 3% ორქრომმჟავა კალიუმისაგან 7 სმ³, 2% ოსმიუმის მჟავისაგან 4 სმ³. უმჯობესია დამზადდეს ex tempore. იგი იძლევა ციტოპლაზმის მიტოქონდრიებისა და ბადებრივი აპარატის კარგ ფიქსაციას. ობიექტის დიამეტრი უნდა იყოს არა უმეტეს 1-3 მმ³ საფიქსაციო ობიექტი არ უნდა იყოს სისხლით დასვრილი. საფიქსაციო სითხე საკმარისია აღემატებოდეს ობიექტის მოცულობას 5-ჯერ. ფიქსაცია გრძელდება არა უმეტეს 24 საათისა. ფიქსაცია რეკომენდირებულია მინის ჭურჭელში მილესილი საცობით. ფიქსაციის შემდეგ საჭიროა ობიექტის გარეცხვა ონკანის წყალში 24 საათის განმავლობაში, ჩაყალიბება პარაფინში, შეღებვა ჰეიდენჰაინის რკინა-შაბ-ჰემატოქსილინით.

7. პეტრუნკევიჩის საფიქსაციო სითხე შედგება დესტილირებული წყლისაგან 300 სმ³, აბსოლუტური სპირტისაგან 200 სმ³, უწყლო ძმარმჟავასაგან 90 სმ³, აზოტის მჟავასაგან 10 სმ³ და სულემისაგან ხსნარის გაჯერებამდე. საჭიროა დაახლოებით 20,0 გრ სულემა (ფიქსაცია ობიექტის სიდიდის მიხედვით 1,5—6 საათი). პეტრუნკევიჩის სითხე სწრაფად აღწევს ობიექტში. იგი განსაკუთრებით რეკომენდებულია უხერხემლო ცხოველების გამოკვლევის დროს.

8. აბსოლუტური სპირტი—როგორც საფიქსაციო სითხე იშვიათად იხმარება. უფრო ხშირად იგი იხმარება როგორც რო-

მელიმე რთული საფიქსაციო სითხის კომპონენტი (მაგ., კარნუას საფიქსაციო სითხეში).

9. კარნუას საფიქსაციო სითხე (აბსოლუტური სპირტი 6 ნაწილი, ქლოროფორმი 3 ნაწილი და ძმარმჟავა 1 ნაწილი) სწრაფად აღწევს ობიექტში, ამიტომ იგი იხმარება ძნელად შესაღწევ ობიექტების საფიქსაციოდ, როგორც მაგ., მწერების, ასკარიდების და სხვათა საფიქსაციოდ. ფიქსაცია გრძელდება 0,5—3 საათამდე. ობიექტი შემდეგ გადააქვთ პირდაპირ აბსოლუტურ ალკოჰოლში.

ა ბ ს ო ლ უ ტ უ რ ი  ს პ ი რ ტ ი გასაყიდად არ იშოვება, მას ამზადებენ ლაბორატორიაში უფრო ხშირად ორნაირად.

ა. როცა 96° ეთილის სპირტს მივუმატებთ უწყლო შაბიამანს და მას მრავალჯერ გამოვცვლით—მივიღებთ უწყლო სპირტს. თუ შაბიამანის თეთრი ფხვნილი არ ლურჯდება, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ 96° სპირტისაგან წყალი სავსებით ამოცლილია. თუ ასეთი სპირტი შეფერადებულია, მაგ., გაყვითლებული, შეიძლება მისი გამოხდა. აბსოლუტურად უწყლო სპირტის დამზადება მეტად ძნელია და არ არის გამოწვეული აუცილებლობით. ლაბორატორიაში ჩვეულებრივ აბსოლუტური სპირტის სახით იხმარება 99,6—99,9% ეთილის ალკოჰოლი.

ბ. 95° ეთილის სპირტს უმატებენ ახალ გამომწვარ კირს, კალციუმის ჟანგს (CaO), ჰერმეტულად ხურავენ ჭურჭელს და დროდადრო ანჯღრევენ. ორი—სამი დღის შემდეგ სპირტ-კირის ნარევს გამოხდიან.

აბსოლუტური სპირტი ხარბად იზიდავს წყალს. ამიტომ იგი უნდა ინახებოდეს ჰერმეტულად დახურულ ჭურჭელში.

აბსოლუტური სპირტის სიმაგრეს სინჯავენ სპირტომეტრით 15°-ზე ან მასში აგდებენ კალციუმის კარბიდის რამდენიმე მარცვალს; წყლის შემცველობის შემთხვევაში სპირტიდან გამოიყოფა სპეციალური სუნის მქონე აირგვარი აცეტილენი. ამავე დროს სპირტიც შეიმღვრევა კალციუმის ჰიდრატის წარმოშობის შედეგად.

10. ალკოჰოლ-ფორმოლი შედგება 96° ალკოჰოლის 9 ნაწილისაგან და 1 ნაწილი ფორმალინისაგან. ფიქსაცია 24 საათი. საფიქსაციო სითხიდან ობიექტი გადააქვთ 96° სპირტში. ალკოჰოლ-ფორმოლი კარგი საფიქსაციო სითხეა ეპითელისათვის.

11. ვასიუტოჩკინის საფიქსაციო სითხე შედგება სულემის მაძღარი წყალხსნარისაგან 50 სმ, ³ პიკრინის მჟავის მაძღარი ხსნარისაგან 50 სმ³, ფორმალინისაგან 10 სმ³ და ყინულოვანი ძმარმჟავისაგან 50 სმ³ (ფორმალინს და ძმარმჟავას უმატებენ ხმარების წინ). ფიქ-

საცია გრძელდება 1,5—6 საათს და კარგ შედეგს იძლევა, განსაკუთრებით ამფიბიებისაგან აღებული ორგანოების მიმართ.

12. ჰეიდენჰაინის საფიქსაციო სითხე „სუზა“ შედგება სულემისაგან 4,5 გრ., დესტილირებული წყლისაგან 80 სმ³, სამქლორძმარმჟავასაგან 2,0 გრ, გაყინულ ძმარმჟავასაგან 4 სმ³ და ფორმალინისაგან 20 სმ³. ფიქსაცია გრძელდება 1—24 საათამდე. კარგი საფიქსაციო სითხეა ზოგად ჰისტოლოგიურ მიზნებისათვის და ფიბრილარული სტრუქტურების გამოსაკვლევად.

## ანათლების დამზადება

ჰისტოლოგიურ პრაქტიკაში ყველაზე ხშირად ანათლების დასამზადებლად გამოსაკვლევ ობიექტს წინასწარ ჟღენთავენ პარაფინით ან ცელოიდინით ან აწარმოებენ ობიექტის გაყინვას.

## პარაფინში ჩაყალიბება

დასახელებულ საშუალებებიდან ობიექტისათვის სასურველი კონსისტენციის მისაცემად და ანათლების მისაღებად ჰისტოლოგიურ ლაბორატორიაში უფრო ხშირად იხმარება პარაფინი. ცელოიდინთან შედარებით პარაფინში ჩაყალიბებას უფრო მცირე დრო სჭირდება და, გარდა ამისა, იგი იძლევა ძლიერ თხელი ანათლების დამზადების საშუალებას (1—2 მიკრონამდე).

ფიქსირებული და წყალში გარეცხილი ობიექტის პარაფინში ჩასაყალიბებლად და ანათლების დასამზადებლად საჭიროა:

1. ობიექტიდან წყლის ამორთმევა, 2. ე. წ. შუამდებარე სითხით გაჟღენთვა, 3. პარაფინით გაჟღენთვა, 4. პარაფინში ჩაყალიბება და ბლოკის დამზადება, 5. ანათლების დამზადება და სასაგნე მინაზე დამაგრება, 6. ანათლების პარაფინიდან განთავისუფლება.

**ობიექტიდან წყლის ამორთმევა.** ობიექტს წყალს ართმევენ ალკოჰოლის საშუალებით. ამ მიზნით ფიქსირებული ობიექტი წყლიდან თანდათანობით გადააქვთ ზრდადი სიმაგრის სპირტებში (50°, 60°, 70°, 80°, 90°, 96°, 100°). თუ ობიექტი არ არის სქელი (მაგ., არაუმეტეს 2—3 მილიმეტრისა), თითო სიმაგრის სპირტში საკმარისია მისი დატოვება 2—3 საათი—წყლის ამოცლის მიზნით, რასაც ზოგჯერ მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს. აბსოლუტურ სპირტში (100°) ობიექტს ცოტა მეტ ხანს ტოვებენ (4 საათამდე) და თანაც ორჯერ მაინც ცვლიან მას. აბსოლუტური სპირტიდან ობიექტი გადააქვთ ე. წ. შუამდებარე სითხეში.

**ობიექტის გაჟღენთვა შუამდებარე სითხით.** პარაფინით გაჟღენთვის დროს შუამდებარე სითხის სახით იხმარება ძალიან ბევრი ნივთიერება: ქსილოლი, ტოლუოლი, ბენზოლი, ქლოროფორმი, ნეთილბენზოატი, დიოქსანი და სხვა.

ქ ს ი ლ ო ლ ი. ქსილოლი ძლიერ ამაგრებს ობიექტს. ობიექტის გამაგრება მით უფრო მეტად ხდება, რაც უფრო დიდხანს დევს იგი ამ სითხეში. გარდა ამისა, პრეპარატიდან და პარაფინიდან იგი ძნელი ამოსაცლელია. რადგან ობიექტი ქსილოლში დაყოვნებისას უფრო მაგარი ხდება, ვიდრე პარაფინი, იგი ძნელად იჟღინთება პარაფინით და ცუდად იჭრება. განსაკუთრებით ძლიერ უარყოფით გავლენას ახდენს ქსილოლი შემაერთებელი ქსოვილით მდიდარ ორგანოებზე. იგი კარგ შედეგს იძლევა, თუ ორგანო უმნიშვნელო რაოდენობით შეიცავს შემაერთებელ ქსოვილს და თუ გასაჟღენთი ორგანოს ნაჭერი მცირე ზომისაა (1—3 მმ დიამეტრში). ასეთ შემთხვევაში ნაჭერი ქსილოლში დიდხანს დატოვებას არ საჭიროებს. ქსილოლის გამოყენების დროს 100° ალკოჰოლიდან ობიექტი თანმიმდევრობით გადააქვთ:

1. 100° ალკოჰოლისა და ქსილოლის ნარევში (თანაბარი რაოდენობით). 2. ქსილოლის პარაფინით მაძღარ ხსნარში (თერმოსტატში 37° ტემპერატურით). 3. წმინდა პარაფინში[1] (თერმოსტატში 56° ტემპერატურით). პარაფინს ორჯერ უცვლიან. 4. აყალიბებენ პარაფინში და ამზადებენ ბლოკს (იხ. გვ. 96).

ობიექტს 100° ალკოჰოლიდან ქსილოლში გადატანისას ზედმიწევნით უნდა ჰქონდეს ამოცლილი წყალი, ხოლო ქსილოლიდან პარაფინში გადატანისას—ქსილოლი.

ტ ო ლ უ ო ლ ი. თავისი თვისებებით ტოლუოლი ახლო დგას ქსილოლთან. ამიტომ ამ შემთხვევაში პროცედურას იგივე ხასიათი აქვს, როგორც ქსილოლის შემთხვევაში.

ბ ე ნ ზ ო ლ ი. ქსილოლთან და ტოლუოლთან შედარებით ობიექტი ბენზოლში უფრო მცირე ხარისხით მაგრდება. გარდა ამისა, ბენზოლი ქსილოლთან და ტოლუოლთან შედარებით ბევრად უფრო ამქროლადია, ამიტომ პრეპარატიდან და პარაფინიდან იგი ადვილად გამოდის. ბენზოლი წყალს ძლიერ მცირე რაოდენობით ითვისებს; ამიტომ, ვიდრე მასში ობიექტს მოათავსებდნენ, იგი სავსებით უნდა განთავისუფლდეს წყლისაგან.

უნდა ვერიდოთ როგორც ბენზოლის ორთქლს, ისე ცეცხლს.

---

[1] ხმარობენ 54°—55°-ზე დნობად პარაფინს.

აბსოლუტურ სპირტიდან ობიექტი თანმიმდევრობით გადააქვთ:

1. ბენზოლში (3-ჯერ გამოცვლით) ნაჭრის სიდიდის მიხედვით 0,5—1 საათამდე;

2. პარაფინით მაძღარ ბენზოლში ობიექტის სიდიდის მიხედვით 20 წუთიდან—2 საათამდე (თერმოსტატში—30°). ბენზოლ-პარაფინის დასამზადებლად ბენზოლში ყრიან იმდენ პარაფინს, რომ ჭურჭლის ფსკერზე დარჩეს გაუხსნელი პარაფინის რამდენიმე ნაწილი.

3. წმინდა პარაფინში (თერმოსტატში—56°) 2—3 საათამდე, ნაჭრის სიდიდის მიხედვით.

ქ ლ ო რ ო ფ ო რ მ ი ნაზი და წვრილი სტრუქტურის მქონე ციტოლოგიური ობიექტებისათვის ითვლება ერთ-ერთ საუკეთესო და უვნებელ შუამდებარე სითხედ.

ქლოროფორმი ცუდად აღწევს ობიექტის სისქეში, ამიტომ უკანასკნელი შეძლებისდაგვარად მცირე ზომისა უნდა იყოს. ყოველ შემთხვევაში ობიექტი დიდხანს უნდა იდვეს ქლოროფორმში (24 საათი და ზოგჯერ მეტხანსაც). ამ დროის განმავლობაში ქლოროფორმს ერთხელ მაინც უცვლიან. ქლოროფორმის ხმარება შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ იგი სავსებით თავისუფალია წყლისა და სპირტისაგან. აღსანიშნავია, რომ სავსებით წმინდა ქლოროფორმიც ადვილად იშლება და ხელმეორედ წყლის შემცველი ხდება.

აბსოლუტური სპირტიდან ობიექტი გადააქვთ:

1. ქლოროფორმში (24 საათი და მეტიც);

2. ქლოროფორმ-პარაფინის ნარევში 1 : 2—თერმოსტატში 40°-ზე 24 საათიდან 3-დღემდე;

3. ქლორფორმ-პარაფინის ნარევში 1 : 1—თერმოსტატში 40°-ზე 24 საათიდან 3 დღემდე;

4. ქლოროფორმ-პარაფინის ნარევში 2:1 — თერმოსტატში 40°-ზე 24 საათიდან 3 დღემდე;

5. პარაფინში (ერთხელ გამოცვლა) — თერმოსტატში 56°-ზე (ხმარობენ 54°—55°-ზე დნობად პარაფინს. დრო განისაზღვრება ობიექტის სიდიდის მიხედვით);

6. აყალიბებენ პარაფინში და ამზადებენ ბლოკს (იხ. გვ. 96).

მ ე თ ი ლ ბ ე ნ ზ ო ა ტ ი წარმოადგენს ერთ-ერთ საუკეთესო შუამდებარე სითხეს პარაფინით გასაჟღენთავად. მეთილბენზოატი სავსებით ართმევს ობიექტს ნარჩენ წყალს და სპირტს. აბსოლუ-

ტურ სპირტიდან პრეპარატები (სისქით 3—5 მმ) თანმიმდევრობით გადააქვთ:

1. მეთილბენზოატში (საჭიროა მეთილბენზოატის მრავალჯერ—3-ჯერ მაინც გამოცვლა). 1—4 საათის განმავლობაში ნაჭერი ცურავს მეთილბენზოატის ზედაპირზე, შემდეგ იგი ეშვება ჭურჭლის ფსკერზე. შემდეგ უცვლიან მეთილბენზოატს, რომელშიაც იგივე მეორდება. ბოლოს ნაჭერი გადააქვთ მეთილბენზოატის მესამე ულუფაში. მეთილბენზოატში ნაჭერი რჩება 24 საათს და სრულიად გამჭვირვალე ხდება.

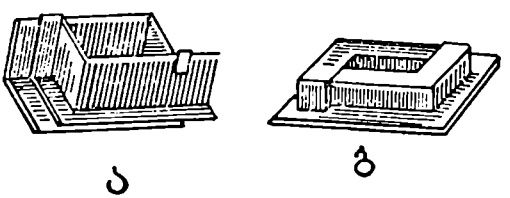
2. ბენზოლში - 0,5 საათის განმავლობაში (ერთხელ გამოცვლით).

3. ბენზოლის პარაფინით მაძღარ ხსნარში—0.5—1 საათის განმავლობაში, ჭურჭელს დგამენ თერმოსტატის თავზე—30°-ზე.

4. წმინდა პარაფინში (54°—55°-ზე დნობად პარაფინში) საჭ-ჯერ გამოცვლით 2—5 საათამდე).

5. აყალიბებენ პარაფინში და ამზადებენ ბლოკს.

**პარაფინში ჩაყალიბება და ბლოკის დამზადება.** პარაფინში ჩაყალიბებისათვის ჩვეულებრივ ხმარობენ ლითონის სპეციალურ ჩარჩოს (სურ. 45), რომელიც ისეა მოწყობილი, რომ ჩასაყალიბებელი ობიექტის მიხედვით მისი ტევადობა შეიძლება გადიდდეს ან




სურ. 45. პარაფინის ბლოკის დასამზადებელი ლითონის ორი (ა და ბ) ჩარჩო. ჩარჩოს ნაწილების ურთიერთ გადანაცვლებით შესაძლებელია სასურველი სიდიდის ოთხკუთხოვანი სივრცის მიღება.

დაპატარავდეს. ჩაყალიბების წინ სათანადოდ შეარჩევენ ჩარჩოს სივრცის ზომას, მის შიგნითა ზედაპირზე გლიცერინს უსვამენ, რომ ჩასხმული პარაფინი გაცივების შემდეგ ადვილად მოცილდეს ჩარჩოს და გასათბობად დგამენ თერმოსტატში.

ჩაყალიბება წარმოებს შემდეგნაირად:

გამოაქვთ თერმოსტატიდან ჩასაყალიბებელი ჩარჩო, ასხამენ მასში 56°—57° გამდნარ პარაფინს და წინასწარ გამთბარი პინ-

ცეტით გადააქვთ მასში ობიექტი. ამ დროს საჭიროა ობიექტის ისე ორიენტირება, რომ ადვილი იყოს შემდეგში ანათლების დაჭრა საჭირო მიმართულებით. პარაფინის გაცივების მიზნით ჩარჩოს ისე ფრთხილად დგამენ ცივ წყალში, რომ წყალმა გარედან დაფაროს ჩარჩოს ქვემო და გვერდითი ზედაპირები პარაფინის ზედაპირის დონემდე მაინც ან ცოტა გადამეტებით (პარაფინში წყალი არ უნდა მოხვდეს). შპატელით გამთბარ პარაფინს ერთდროულად აცლიან თავისუფალ ზედაპირზე აპკს, რომელსაც იგი იკეთებს ჰაერთან შეხების დროს გაცივების გამო. აპკის მოცილება ხელს უწყობს პარაფინიდან ჰაერის ბუშტუკების ამოსვლას და ამით აფერხებს პარაფინში ჰაერის ბუშტუკების გაჩენას. გამდნარი პარაფინი ამ დროს თანდათან მაგრდება პერიფერიიდან ცენტრისაკენ. როცა ყოველმხრივ დაიფარება ობიექტი მაგარი პარაფინის შრით. შპატელით აპკის დნობას შეწყვეტენ. პარაფინის ზემო ზედაპირზე თხელი გამაგრებული პარაფინის შრის შექმნის შემდეგ კი ობიექ ტს ჩარჩოსთან ერთად მთლიანად ჩაძირავენ ცივ წყალში. აქ მას ტოვებენ რამდენიმე საათს (მინიმუმი—ერთი საათი).

მცირე ზომის ობიექტებს საათის მინაზე აყალიბებენ. სათანადოდ გამთბარ და გლიცერინწასმულ საათის მინაზე ასხამენ გამდნარ პარაფინს და შიგ ათავსებენ ობიექტს. როგორც კი პარაფინის ზედაპირი გამაგრდება, ძასზე დასხმული პარაფინის გასამაგრებლად საათის მინას ჩაუშვებენ ცივ წყალში.

საკმარისად გაცივების შემდეგ გამაგრებულ პარაფინს ათავისუფლებენ ჩასაყალიბებელ ჩარჩოსაგან (ან საათის მინისაგან) და ამზადებენ ბლოკს. ამ მიზნით ობიექტს სკალპელით გარედან შემოაჭრიან ზედმეტ პარაფინს. ბლოკს უნდა ჰქონდეს სადა ზედაპირები და შედარებით განიერი ფუძე. ბლოკის დამზადების დროს ითვალისწინებენ ობიექტის სასურველ ორიენტაციას.

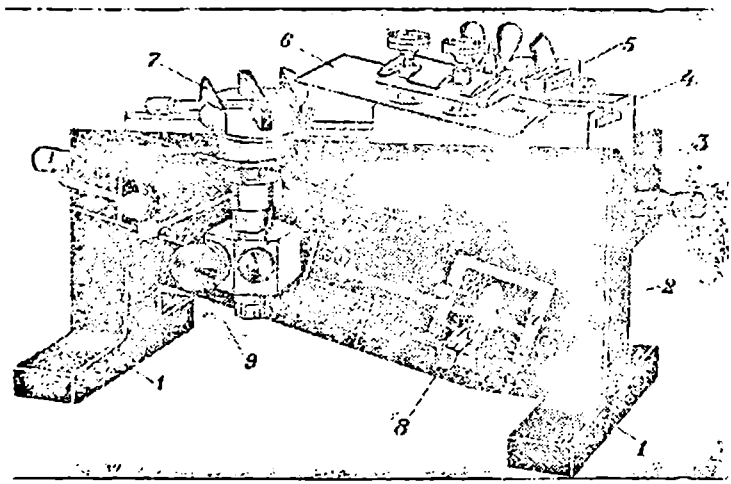
თუ რაიმე მიზეზით ჩაყალიბების პროცესის შედეგად ბლოკი უვარგისია, შეიძლება იგი კვლავ მოთავსდეს გამდნარ პარაფინში და ობიექტის ჩაყალიბების პროცესი განმეორდეს ხელმეორედ.

**პარაფინის ანათლების დამზადება.** ანათლების დასამზადებლად სარგებლობენ სპეციალური იარაღით - მიკროტომით. ვიდრე მიკროტომზე დაჭრას შეუდგებოდნენ, გამოჭრილ პარაფინის ბლოკს ამაგრებენ კუბური ფორმის ხის (მის დასამზადებლად ჩვეულებრივ რეკომენდირებულია წიფელა) ან სტაბილიტის ნაჭერზე, რომელთა დიამეტრი საშუალოდ უდრის 1,5 სმ. ხის ან სტაბილიტის ნაჭერზე ჯერ ასხამენ გამდნარი პარაფინის რამდენიმე წვეთს, გახუ-

რებული შპატელით ეხებიან ბლოკის ძირს, შემდეგ ბლოკს ჩაფლავენ ხის ნაპერზე დასხმულ და რამდენიმედ შემაგრებულ პარაფინში, ბოლოს გახურებული შპატელის ნაპირით ეხებიან ხის ნაპრისა და ბლოკის შეერთების მიდამოს ნაპრის ირგვლივ. გაცივების მიზნით ხის ნაპერზე დაწებებულ ბლოკს ათავსებენ რამდენიმე ხნით ცივ წყალში. ამრიგად, ბლოკი მზადაა ანათლების დასამზადებლად.

## მიკროტომი

არჩევენ: 1. რონებიან მიკროტომს ჰორიზონტალურად მოძრავი დანით (სურ. 46). მიკროტომის ეს მოდელი უფრო გავრცე-




სურ. 46. რონებიანი მიკროტომი ჰორიზონტალურად მოძრავი დანით. 1—მიკროტომის წყვილი დგამი, 2—ვერტიკალური ფირფიტა, 3—ვერტიკალური ფირფიტის მიმართ მახვილი კუთხის ქვეშ მდებარე მეორე ფირფიტა, 4—მიკროტომის სოლი, 5—დანის უნივერსალური დამჭერი, 6—მიკროტომის დანა, 7—ვერტიკალურად მოძრავი ობიექტის დამჭერი, 8—ციფერბლატის მქონე მიკრომეტრული ხრახნი, 9—ვერტიკალურად მოძრავი ობიექტის დამჭერის მაკრომეტრული ხრახნი.

ლებულია და 2. რონებიან მიკროტომს ვერტიკალურ ან ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მოძრავი ობიექტით.

პირველი ტიპის მიკროტომი იხმარება, როგორც პარაფინში, ისე ცელოიდინში ჩაყალიბებული ობიექტის დასაჭრელად, მეორე ტიპისა—მხოლოდ პარაფინში ჩაყალიბებული ობიექტის დასაჭრელად.

ორივე სახის მიკროტომი არსებითად ერთნაირი ნაწილებისაგან შედგება. მაგალითისათვის მოკლედ აღვწერთ ერთ-ერთ მოდელს, რომელშიაც დანა მოძრაობს ჰორიზონტალურ სიბრტყეში (სურ. 46).

ამ მოდელში ვარჩევთ მძიმე ლითონისაგან დამზადებულ წყვილ დგამს (1) და მათგან ზემოთ მიმართულ ვერტიკალურ ფირფიტას (2). უკანასკნელთან მახვილი კუთხით მიმაგრებულია მეორე ფირფიტა (3). დასახელებული ფირფიტების მიერ შექმნილ კუთხეში სპეციალურ რონებზე, რომელიც მზადდება მაგარი ლითონისაგან, მოძრაობს აგრეთვე მძიმე ლითონისაგან დამზადებული სოლი (4). სოლს თავის მხრივ დართული აქვს რონები. სოლის რონები ცურავენ ფირფიტების რონებზე. სოლზე სპეციალური ხრახნით დამაგრებულია დანის უნივერსალური დამჭერი (5), რომელშიაც მუშაობის დაწყების წინ ხრახნებით მაგრდება დანა (6).

დანის დამჭერი მოძრაობს ჰორიზონტალურ სიბრტყეში, სოლის ხრახნის ირგვლივ. ეს საშუალებას იძლევა დანას მივცეთ ობიექტის მიმართ სასურველი მდებარეობა (მახვილი ან სწორი კუთხე). გარდა ამისა, სპეციალური ხრახნის საშუალებით დანა მოძრაობს თვით დანის დამჭერში. ამ მოძრაობით დანის პირი შეიძლება სხვადასხვა ხარისხით დავხაროთ.

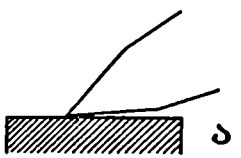
მიკროტომის ვერტიკალური ფირფიტის მარცხენა მხარეზე სპეციალურ ირიბად მდებარე რონებზე დგას წინ და უკან აგრეთვე ზემოთ და ქვემოთ მოძრავი ობიექტის დამჭერი (7). ობიექტის დამჭერის მოძრაობას ზემოთ და ქვემოთ მიკრონების ფარგლებში ანხორციელებს იმავე მხარეზე მდებარე მიკრომეტრული ხრახნი დანაყოფებით (8). ობიექტის დამჭერზე სპეციალური ხრახნებით მაგრდება ხის ნაჭერზე მიწებებული დასაჭრელი ბლოკი. ობიექტის დამჭერი, ხრახნების საშუალებით ამოძრავებს მასში გამაგრებულ ბლოკს წინ და უკან და მარჯვენა-მარცხენა მიმართულებით. ამავე დროს მიკრომეტრული ხრახნის (9) საშუალებით შესაძლებელია მთლიანად ობიექტის დამჭერის მოძრაობა ზემოთ და ქვემოთ. ასეთი მრავალმხრივი მოძრაობა ხელს უწყობს ბლოკის ზედაპირის დანის წვერთან გასწორებას.

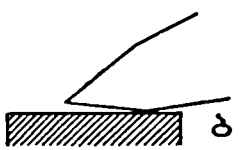
ბლოკის დაჭრის დროს სოლის სახელურით ამოძრავებენ მასზე გამაგრებულ დანას თავისკენ და თლიან ბლოკის ზედაპირიდან სასურველი სისქის ანათალს. შემდეგ დანას უკანვე აბრუნებენ. ყოველი მომდევნო მოთლის წინ, სპეციალური ბერკეტით, გადააადგილებენ მიკრომეტრულ ხრახნს საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით სასურველი რაოდენობის მიკრონებზე, რის გამო ბლოკი იმავე მანძილით აიწევს ზემოთ; კვლავ მოთლიან ბლოკზე ახალ ანათალს და ასე შემდეგ.

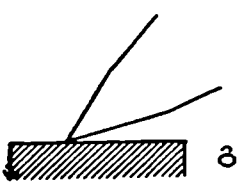
მიკროტომის გაუმჯობესებულ მოდელებში დასაჭრელი ბლოკი ავტომატურად იწევს ზემოთ სასურველ მიკრონებზე დანის მოძრაობასთან ერთად.

პარაფინის ბლოკის დაჭრისას დანა ობიექტის მიმართ მდებარეობს სწორი კუთხით. ცელოიდინის ბლოკის დაჭრისას კი ირიბად—მახვილი კუთხით. ამავე დროს დანაც და ობიექტიც სველდება 70° ალკოჰოლით.

თუ ობიექტი კარგად არის ჩაყალიბებული პარაფინში ან ცელოიდინში, მაშინ ბლოკი კარგად იჭრება; თუკი ჩაყალიბებაში რაიმე ნაკლს აქვს ადგილი, ნაჭრები იხვევა ან არათანაბარი სისქისა იჭრება. იმ შემთხვევაში, თუ ობიექტი მთლიანად არ არის გაჟღენთილი, გამოსადეგი ანათლების მიღება შეუძლებელი ხდება.




სურ. 47. დანის დახრილობის კუთხე პარაფინის ბლოკის დაჭრის დროს. განმარტება იხილე ტექსტში.

ობიექტის დაჭრის დროს კარგი, არადეფორმირებული ანათლების მისაღებად დიდი მნიშვნელობა აქვს მიკროტომის დანის დახრილობის კუთხეს, რომელიც იქმნება დანის ქვემო ზედაპირსა და ბლოკის სიბრტყეს შორის.

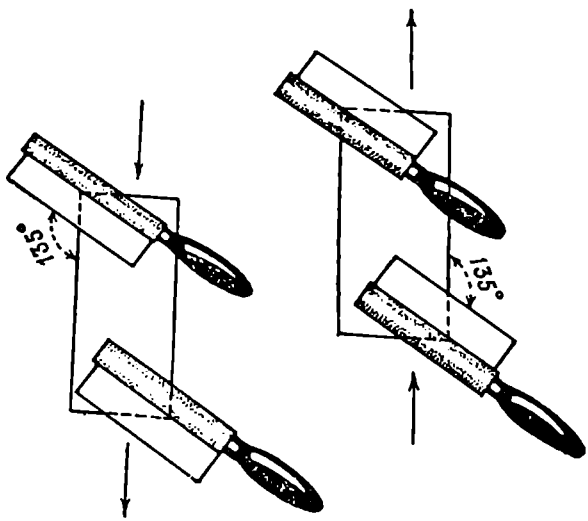
პარაფინის ბლოკის დაჭრის დროს ეს კუთხე უნდა უდრიდეს 2—5° (სურ. 47,ა). თუ დანა არ არის საკმარისად დახრილი ობიექტის მიმართ (სურ. 47,ბ), მაშინ ანათალი იშმუშნება ან დანა გადაახტება ბლოკს. თუკი დანა ძლიერ დახრილია ბლოკის მიმართ (სურ. 47,გ), მაშინ ანათალი იფხვნება.

ცელოიდინის ბლოკის დაჭრის დროს დანის დახრილობის კუთხე რამდენიმედ უნდა გადიდდეს.

ცელოიდინის ბლოკის დასაჭრელად იხმარება სპეციალური დანები. ასეთი დანა აღნიშნულია ქარხნის მიერ ასო *B*-თი. პარაფინის ბლოკის დასაჭრელ დანას აწერია ასო *A*, დაბოლოს არის ისეთი დანები, რომლებიც გამოსადეგია, როგორც ცელოიდინის, ისე პარაფინის ბლოკის დასაჭრელად. ასეთ დანებს აქვთ წარწერა ასო *C*.

## მიკროტომის დანის გალესვა

მიკროტომის დანას ლესავენ შიფერის ქვაზე ან წვრილმარცვლოვან ქვაზე— „არკანზას“-ზე. გალესვის წინ დანას მიახრახნიან ტარს და ჩამოაცმევენ ქარქაშს. ქარქაში განსაზღვრავს დანის პირის დახრილობას. სალესი ქვის ზედაპირს ასხამენ რამდენიმე წვეთ ვაზელინის ზეთს. შემდეგ დანას დებენ ქვაზე ისე, რომ მას ერთდროულად ეხებოდეს ქარქაში და დანის პირი (!) [წინაალმდეგ შემთხვევაში შესაძლებელია დანის გაფუჭება] და ატარებენ მასზე წინ და უკან დანის პირით წინ. დანის დახრილობის კუთხე სალესი ქვის მიმართ და მისი ტარების მიმართულება ნაჩვენებია სურათზე (სურ. 48).




სურ. 48. მიკროტომის დანის მდებარეობის სქემა მისი ქვაზე გალესვის დროს.

დანის გასალესად საკმარისია მისი ქვაზე გატარება 15—20-ჯერ, რის შემდეგაც დანას მოაშორებენ ვაზელინის ზეთს და პირს აუწყობენ სპეციალურ განიერ ღვედზე.

## მიკროტომის დანის პირის აწყობა

დანის პირის აწყობის დროს დანას 10—15-ჯერ გაატარებენ ბრტყელ ფიცარზე გადაჭიმულ განიერი ღვედის ზედაპირზე ქარქაშით წინ. ისე როგორც ლესვის დროს, აქაც დანის პირი და ქარქაში ერთდროულად უნდა ეხებოდეს ღვედის ზედაპირს.

პირის აწყობის შემდეგ დანას წმენდენ ტილოთი და გამოიყენებენ მოსათლელად. ხმარების შემდეგ დანას ამშრალებენ, წაუსვამენ ნეიტრალურ ვაზელინის ზეთს და ინახავენ.

## მიკროტომის მოვლა

მიკროტომის ნაწილებს სათუთად ინახავენ. მას აფარებენ მინის კედლებიან სპეციალურ ხუფს ან ტილოს თალფაკს. მიკროტომის ის ნაწილები, რომლებიც ხახუნს განიცდიან, ბეჯითად უნდა იქნეს წაცხებული ნეიტრალური ვაზელინის ზეთით. მღვრიე ზეთის გამოყენება საცხების სახით დაუშვებელია. ხმარების შემდეგ მიკროტომს ამშრალებენ, რონებზე წაუსვამენ ნეიტრალურ ვაზელინს და ინახავენ.

## ცელოიდინში ჩაყალიბება და ანათლების დამზადება

ცელოიდინში ჩაყალიბება პარაფინთან შედარებით მეტ დროს მოითხოვს. ცელოიდინიდან მიიღება უფრო სქელი ანათალი, ვიდრე პარაფინში ჩაყალიბებული ობიექტიდან. კარგ პირობებში ცელოიდინის ბლოკიდან შეიძლება 4 მიკრონის სისქის ანათალის მიღება, მაგრამ სამაგიეროდ ცელოიდინში ჩაყალიბების პირობები გამორიცხავს ობიექტის იმ ზომით დაპატარავებას, როგორსაც ადგილი აქვს პარაფინით გაჟღენთვის დროს (დაახლოებით 8—20%).

გარდა ამისა, მთელი რიგი ობიექტის ჩაყალიბება შესაძლებელია ცელოიდინში და არა პარაფინში, მაგ., კანისა.

ცელოიდინით გაჟღენთის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს ობიექტიდან წყლის სრულ ამოცლას. ობიექტი, რომლის დიამეტრი დაახლოებით უდრის 3—4 მმ. 100° ალკოჰოლიდან თანდათანობით გადააქვთ:

1. სპირტ-ეთერში (უწყლო 100° ალკოჰოლი და უწყლო ეთილის ეთერი თანაბარი რაოდენობით) 4—6 საათი;

2. ცელოიდინის 2% ხსნარში—2 დღე;

3. ცელოიდინის 4% ხსნარში—2 დღე;

4. ცელოიდინის 8% ხსნარში—2 დღე;

ცელოიდინი ნელა აღწევს ნაჭერში, ამიტომ ობიექტის დატოვება ხსნარებში შესაძლებელია მეტ ხანს.

ცელოიდინის ხსნარების დამზადება წარმოებს ან ნაყიდი გამხმარი ცელოიდინის ნაჭრებიდან, ან კინემატოგრაფიული ფირფიტიდან. კინემატოგრაფიულ ფირფიტებს სჭირდება საფუძვლიანი წინასწარი დამუშავება. ეს დამუშავება თანმიმდევრობით მიმდინარეობს შემდეგნაირად:

1. ფირფიტებს ჟელატინის მოსაცილებლად 24 საათით ათავსებენ კალიუმის ტუტის 10% ხსნარში;

2. საფუძვლიანად რეცხავენ და აშრობენ;

3. 10 დღით ათავსებენ ქლოროფორმში;

4. ფირფიტებს ხეხავენ და კვლავ ათავსებენ ქლოროფორმში ერთი დღით;

5. სავსებით აშრობენ (მტვერისაგან იცავენ);

6. ჭრიან მაკრატლით წვრილად.

2% ცელოიდინის ხსნარის დასამზადებლად იღებენ 20 გრ. მშრალ ცელოიდინის გამხმარ დაჭრილ ფირფიტებს, უმატებენ ჯერ 500 სმ³ უწყლო (!) ალკოჰოლს და სტოვებენ 24 საათით. ამ ხნის განმავლობაში შეძლებისდაგვარად, ურთიერთ შერევის მიზნით, ხსნარს ხშირად ურევენ მინის ჩხირით. შემდეგ უმატებენ 500 სმ³ უწყლო (!) ეთილის ეთერს.

4% ცელოიდინის ხსნარის დასამზადებლად იმავე რაოდენობის უწყლო ალკოჰოლსა და ეთილის ეთერს უმატებენ მშრალი ცელოიდინის ნაჭრებს ორჯერ მეტი რაოდენობით, ე. ი. 40 გრ.

8% ცელოიდინის ხსნარის დასამზადებლად 1000 სმ³ უწყლო ალკოჰოლისა და ეთერის ნარევს (თანაბარი რაოდენობით) შესაბამისად უმატებენ 80 გრ. მშრალი ცელოიდინის დაჭრილ ფირფიტებს.

როცა ლაბორატორიაში ჩასაყალიბებლად ძირითადად ცელოიდინს ხმარობენ, ცელოიდინის თითოეული დასახელებული კონცენტრაციის ხსნარს ამზადებენ დიდი რაოდენობით დიდი ზომის ჭურჭელში (მაგ., 5-ლიტრიან ბოთლებში). გარკვეული დროის შემდეგ ცელოიდინის ხსნარში ჩნდება მღვრიე ნალექი. ნალექისაგან თავისუფალ ცელოიდინის ხსნარს ასხამენ მეორე ჭურჭელში, აქაც იგი იძლევა მცირეოდენ ნალექს, საბოლოოდ მეორე ბოთლიდან ცელოიდინის ხსნარის სრულიად გამჭვირვალე ნაწილს ასხამენ მესამეში. აქედან ის უკვე საჭიროების მიხედვით იხმარება.

ნაჭრის ცელოიდინით კარგი გაჟღენთვის შემდეგ ახდენენ მის ჩაყალიბებას. ამისათვის 8% -ცელოიდინის ხსნარს ასხამენ ფაიფურის ან მინის, შედარებით ვიწრო და მაღალ ჭურჭელში, რომელსაც ბრტყელი ფსკერი აქვს. გადააქვთ მასში ჩასაყალიბებელი ნაჭერი და ახდენენ მის ორიენტირებას. ამის შემდეგ ჭურჭელს დგამენ ექსიკატორში ან მინის ხუფის ქვეშ გოგირდმჟავასთან ერთად. ამ გზით ცელოიდინის ხსნარს დაახლოებით ორჯერ ასქელებენ. იგი ხდება 16%-იანი. ჭურჭელში 8%-იანი ცელოიდინის ხსნარი იმდენი უნდა ჩაისხას, რომ ორჯერ გასქელების შემდეგ პრეპარატი დაფარული დარჩეს 2—3 მმ სისქის ხსნარით.

ამის შემდეგ ხელს უწყობენ ცელოიდინის ხსნარის თანდათანობით (არა სწრაფ) გამაგრებას. ექსიკატორში ან შესაბამისი ზომის მინის ხუფის ქვეშ ცელოიდინის ხსნარის გამაგრების პროცესი გრძელდება დაახლოებით 2—3 კვირა. ნაჭერი ამ დროს თანდათანობით შრება, როგორც ზედაპირულ, ისე ღრმა შრეებში. ამას აღწევენ ექსიკატორის სივრცისა და გოგირდმჟავას ზედაპირის სათანადო შერჩევით.

როცა ცელოიდინი რბილი საშლელი რეზინის კონსისტენციისა ხდება, მას სკალპელით ამოჭრიან. რამდენიმედ შემაგრების შემდეგ ნაჭერს ყოველი მხრიდან დანით მოაჭრიან ზედმეტ ცელოიდინს ისე, რომ ობიექტს გარედან ფარავდეს 3—5 მმ სისქის გამაგრებული ცელოიდინი და ამგვარად ამზადებენ კუბური ფორმის ბლოკს.

ცელოიდინის ბლოკს აწებებენ სტაბილიტის კუბურ ნაჭერზე ან სპეციალურად სოდის ხსნარში და შემდეგ 24 საათით სპირტ-ეთერის ნარევში მდებარე ხის ნაჭერზე.

დაწებებისათვის იყენებენ 8%-ანი ცელოიდინის ხსნარს. დაწებების რამდენიმე ხნით ადრე ცელოიდინის ბლოკს ათავსებენ სპირტ ეთერის ხსნარში 1—3 წუთით. შემდეგ სპირტ-ეთერის ხსნარიდან ამოღებულ ხის ან სტაბილიტის ნაჭერზე ასხამენ 8%-ანი ცელოიდინის ხსნარს, რამდენსაც მისი ზედაპირი დაიტევს. შემდეგ მასზე ათავსებენ და მჭიდროდ მიაბჯენენ სპირტ-ეთერის ნარევიდან ამოღებულ ბლოკს. როცა ცელოიდინის ხსნარი შეშრება, ხის ნაჭერზე დაწებებულ ბლოკს დებენ 70°-იან ალკოჰოლში. აქ მას სტოვებენ 2—3 დღით. ამის შემდეგ ცელოიდინის ბლოკი მზადაა ანათლების დასამზადებლად.

იმ შემთხვევაში, თუ სპირტ-ეთერის ხსნარში გადატანილ ობიექტს წყალი საესებით ჰქონდა ამოცლილი და ჩაყალიბების დროს გამოყენებული 100° სპირტი და ეთილის ეთერი უწყლო

იყო, აგრეთვე თუ ნაპერი დიდი ზომის არ იყო და ცელოიდინის ხსნარი თანდათან მაგრდებოდა, ბლოკის ყველა ნაწილს ექნება თანაბარი კონსისტენცია და იგი კარგად დაიპრება 4—6 მიკრონის სისქის ანათლებად. თუ ზემოთ აღნიშნული პირობები დაცული არ იქნა და ცელოიდინში ჩაყალიბების დროს ცელოიდინს ან ნაპერს წყალი შეჰყვა, მაშინ შესაძლებელია მხოლოდ სქელი 10—15 მიკრონის სისქის ანათლების მიღება.

ანათლების სასაგნე მინაზე დასაწებებლად საჭიროა, რომ იგი იყოს საესებით სუფთა და უცხიმო. სუფთა მინის ზედაპირის თითებით შეხება დაუშვებელია.

## სასაგნე მინების გაწმენდა

**უხმარი სასაგნე მინებიs გაწმენდა.** 1. გარეცხვა მწვანე საპნის ხსნარში;

2. გარეცხვა ცხელ წყალში;

3. 100° ალკოჰოლისა და ეთერის (თანაბარი რაოდენობით) ნარევში მოთავსება;

4. მინის ზედაპირიდან სპირტ-ეთერის აორთქლება და 2—3-ჯერ გავლება სპირტის ალზე;

5. 96° ალკოჰოლში ან დენატურატში (არა ნაკლებ 90°-სა) მოთავსება;

6. მარილმჟავა სპირტში მოთავსება;

7. გამშრალება ტილოს სუფთა ხელსახოცით [1].

**ნახმარი სასაგნე მინების გაწმენდა.** 1. სპირტის ალზე გაცხელება და საფარი მინის მოცილება პინცეტით;

2. დენატურატში (არა ნაკლებ 90°-სა) მოთავსება 24 საათით;

3. გარეცხვა სპირტიან წყალში;

4. გარეცხვა გამოხდილ წყალში;

5. მარილმჟავა სპირტში მოთავსება;

6. გამშრალება ტილოს სუფთა ხელსახოცით.

**მინების შენახვა.** 1. გაწმენდილ სასაგნე ან საფარ მინებს მტვრისაგან დაცვის მიზნით ინახავენ თავსახურიან მინის ჭურჭელში, ან

2. გაწმენდილ სასაგნე მინებს ათავსებენ 100° ალკოჰოლისა

---

[1] გაწმენდის პროცესში სითხიდან მინებს იღებენ პინცეტით.

და ბენზოლის (თანაბარი რაოდენობით) ნარევში. ამისათვის ხმარობენ მილესილ საცობიან მინის ჭურჭელს.

ხმარების წინ თითოეულ მინას ცალკე ამშრალებენ ტილოს სუფთა ხელსახოცით.

## პარაფინის ანათლების დანებება სასაგნე მინაზე

პარაფინის ანათლების დასაწებებლად სუფთა სასაგნე მინას შეაორთქლებენ, მინის ჩხირით მის ცენტრში აწვეთებენ ძლიერ მცირე (ღომის მარცვლისოდენა) ცილა-გლიცერინის წვეთს და სუფთა თითით ანაწილებენ მას მინის მთელ ზედაპირზე. ცილა-გლიცერინის დასამზადებლად ქიმიურად წმინდა გლიცერინს ახალი კვერცხის ცილას უმატებენ თანაბარი რაოდენობით. კარგად ანჯღრევენ და ფილტრავენ. ფილტრატს უმატებენ ქაფურის პატარა კრისტალს. დახურულ ჭურჭელში ცილა-გლიცერინი ინახება დიდხანს.

სასაგნე მინის ცენტრში აწვეთებენ გამოხდილი წყლის ერთ-ორ წვეთს. წყლის ოდნავ შესათბობად გაავლებენ სასაგნე მინას სპირტის ალზე. შემდეგ აქვარელის ყალმით იღებენ მიკროტომის დანიდან ანათალს და ათავსებენ სასაგნე მინაზე მდებარე წყლის ზედაპირზე. ანათალი გასწორებას იწყებს შემთბარი წყლის წვეთზე მოთავსების შედეგად. თუ იგი მთლიანად არ გასწორდა, წყალს უფრო მეტად ათბობენ. ამისათვის სასაგნე მინას კვლავ რამდენიმეჯერ გაატარებენ სპირტის ალზე. გადამეტებული გათბობის შედეგად ანათალი ფუჭდება. ეს რომ არ მოხდეს, გათბობის ხარისხს ამოწმებენ სასაგნე მინის ხელის ზურგზე შეხების საშუალებით. ამ წესის გამოყენებით გათბობის საჭირო ხარისხს, გარკვეული პრაქტიკის შემდეგ, ადვილად ადგენენ. როცა ანათალი სავსებით გასწორდება, სასაგნე მინას ათავსებენ თერმოსტატში ან მის თავზე (დაახლოებით 42°-ის ფარგლებში). აქ ხდება წყლის აორთქლება და ცილის კოაგულაციის შედეგად ანათალი ეწებება სასაგნე მინას.

## ანათლების განთავისუფლება პარაფინიდან

ანათლების დამზადებისა და სასაგნე მინაზე დაწებების შემდეგ საჭიროა მათი შეღებვა. ამისათვის პირველ რიგში მათ ამოაცლიან პარაფინს. პარაფინის ამოსაცლელად ჩვეულებრივ აუცილებელი არ არის იმ ნივთიერების გამოყენება, რომელიც ნახმარი იყო როგორც შუამდებარე სითხე პარაფინში ჩაყალიბების წინ [1].

[1] ყველას სჯობია ქსილოლი, ქლოროფორმს საზოგადოდ არ ხმარობენ.

შუამდებარე სითხით პარაფინის მოცილების შემდეგ ობიექტის შესაღებად საჭიროა ობიექტის სპირტებში ან წყალში გადატანა, რადგან საღებავები ჩვეულებრივ წყალში ან სპირტშია გახსნილი. ამიტომ შუამდებარე სითხიდან ობიექტი კლებადი სიმაგრის სპირტებში გადააქვთ და შემდეგ საჭიროების მიხედვით,—გამოხდილ წყალში. შუამდებარე სითხე კარგად უერთდება 100°-ან ალკოჰოლს და ამიტომ პრეპარატი 100° ალკოჰოლში გადააქვთ. ამრიგად, პარაფინის ანათლებიანი სასაგნე მინა თანმიმდევრობით გადააქვთ შემდეგ სითხეებში:

1. შუამდებარე სითხეში (ქსილოლი, ტოლუოლი, ბენზოლი) 2—5 წუთი,
2. 100° ალკოჰოლში—2—5 წუთით,
3. 96° —1—2 წუთით,
4. 80° —1—2 წუთით,
5. 70° —1—2 წუთით,
6. 60° „ —1—2 წუთით,
7. 50° „ —1—2 წუთით,
8. გამოხდილ წყალში.

როგორც ნათქვამი იყო, თუ ანათლები უნდა შეიღებოს სპირტით გახსნილ საღებავში, მაშინ ობიექტი წყალში არ გადააქვთ, არამედ სათანადო კონცენტრაციის სპირტიდან—პირდაპირ საღებავში.

## ცელოიდინის ანათლების დაწებება სასაგნე მინაზე

ცელოიდინის ანათლების მინაზე დაწებება შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ ანათლების სისქე არ აღემატება დაახლოებით 8 მიკრონს. 10—15 მიკრონის სისქის ანათლებს ღებავენ ფინჯნებში სასაგნე მინაზე დაუწებებლად. ამ შემთხვევაში ანათლების ცელოიდინისაგან განთავისუფლება საჭირო არ არის. ცელოიდინი შეღებვას ხელს არ უშლის.

თხელ ანათლებს (4—8 მიკრონის სისქის) ჩვეულებრივ ამზადებენ კვლევითი მიზნებისათვის. მათ აწებებენ სასაგნე მინაზე და თანაც ათავისუფლებენ ცელოიდინისაგან.

ანათლებს ცელოიდინის მინაზე სხვადასხვა მეთოდით აწებებენ. კარგ შედეგს იძლევა რუბაშკინის მეთოდი, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: სუფთა სასაგნე მინას უსვამენ ცილა-გლიცერინს (იხ. პარაფინის ანათლების დაწებება) და მასში გადააქვთ 70° ალკოჰოლში დასველებული ანათალი (ანათალს ალკოჰოლი უნდა გაჰ-

ყველა მინიმალური რაოდენობით), სასაგნე მინაზე ანათალს ასწორებენ, შემდეგ მას აფარებენ მრავალჯერ დაკეცილ საშრობ ქაღალდს და ფრთხილად აწვებიან მას და ამგვარად აშრობენ ანათალს. საშრობი ქაღალდის მოცილებისთანავე ანათლებზე სწრაფად აწვეთებენ მიხაკის ზეთს (Oleum caryophilorum), რომელიც ამავე დროს ამქვირვალებს ანათლებს. ანათლების სრული გამქვირვალების (დაახლოებით 20 წუთი) შემდეგ მიხაკის ზეთს ამოაცლიან პრეპარატს პიპეტით და გადააქვთ 5—10 წუთით 95°-ან ალკოჰოლში. აბსოლუტურ ალკოჰოლს ორჯერ ცვლიან. დაბოლოს, ცელოიდინის მთლიანად გახსნის მიზნით, პრეპარატი გადააქვთ 5 წუთით 100° ალკოჰოლისა და ეთერის ნარევში (თანაბარი რაოდენობით), შემდეგ პრეპარატი გადააქვთ ისევ 100° ალკოჰოლში და კლებადი სიმაგრის სპირტებში (95°, 80°, 70°).

თუ პრეპარატის შეღებვა განზრახულია რომელიმე წყალხსნარი საღებავით, კლებადი სიმაგრის სპირტებში გატარების გზით იგი საბოლოოდ გადააქვთ გამოხდილ წყალში.

სპირტ-ხსნარი საღებავით შეღებვის დროს კი ანათლები არა გამოხდილ წყალში, არამედ პირდაპირ სათანადო კონცენტრაციის (ჰალკოჰოლის) საღებავში გადააქვთ.

## ობიექტის გაყინვა და მისგან ანათლების დამზადება

ყველაზე მარტივად ანათლები მზადდება გაყინული ობიექტიდან. ამავე დროს დამუშავების ეს წესი მეტად სწრაფია—გრძელდება რამდენიმე წუთს. გასაყინავად უკეთესია გამოყენებულ იქნეს ფიქსირებული ობიექტი, ვინაიდან არაფიქსირებული მასალიდან ანათლების მიღება ძნელია. უკანასკნელ ხანებში გამყინავი მიკროტომის დანის ზედმეტი გაცივებით (20°—30°) მიაღწიეს კარგი ხარისხის ანათლების მიღებას არაფიქსირებული მასალისგანაც, მაგრამ ეს მეთოდი ჯერჯერობით გავრცელებული არ არის.

საფიქსაციო სითხის სახით უმჯობესია ფორმალინის (პროპორციით 1:4 ან 1:10-ზე) ან ორტის სითხის ხმარება (მიულერის სითხე—96 ნაწილი, ფორმალინი—1 ნაწილი). ორტის სითხე მზადდება ex tempore, ფიქსაცია გრძელდება 24—48 საათი სიბნელეში. ფორმალინში ან ორტის სითხეში ფიქსირებულ მასალას რეცხავენ მიმდინარე წყალში 24 საათი.

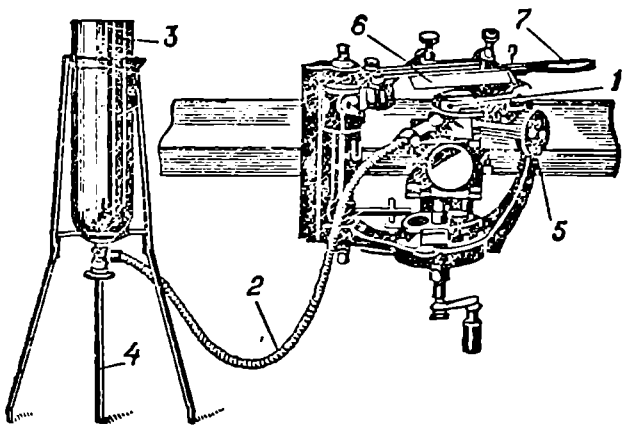
ობიექტის გაყინვას ჩვეულებრივ ახდენენ სითხოვანი ან მაგარი ნახშირორჟანგის გამოყენებით. გაყინვის უკანასკნელი წესი

(მაგარი ნახშირორჟანგით) ჩვენში გავრცელებული არაა, თუმცა იგი მეტად პრაქტიკულია.

გაყინვის მეთოდს მიმართავენ სპეციალური მიზნებისათვის, მაგ., ცხიმის, ნერვული სისტემის, და ზოგი სხვა ორგანოს გამოკვლევის დროს.

გამყინავი მიკროტომით თხელი ანათლების მიღება ძნელია. ჩვეულებრივ დასახული მიზნის მიხედვით ამზადებენ 10—60 მიკრონის სისქის ანათლებს.

**გამყინავი მიკროტომი.** გამყინავი მიკროტომი შეიცავს ლითონის პატარა მრგვალი ფორმის გასაყინი მაგიდის კამერას. გასაყინ მაგიდაზე (სურ. 49-1) გასაყინავად დებენ ობიექტს და აწვეთებენ წყალს ისე, რომ იგი მას ფარავდეს. სპეციალური წელათი (2) გამყინავ მაგიდის კამერასთან დაკავშირებულია თხევადი ნახშირორჟანგის შემცველი ბალონი (3). ბალონი თავდაღმა იდგმება ლითონის სამფეხზე (4).




სურ. 49. გამყინავი მიკროტომი.

1—გასაყინი მაგიდა,
2—ნახშირორჟანგის მისაწოდებელი წელა,
3—ნახშირორჟანგის ბალონი,
4—ბალონის დამკერი სამფეხი,
5—ნახშირორჟანგის გამოსაშვები ონკანი,
6—მიკროტომის დანა,
7—დანის სამოძრაო სახელური.

ონკანის (5) საშუალებით ნახშირორჟანგს შეუშვებენ გასაყინი მაგიდის კამერაში, სადაც იგი იფრქვევა და აირად ქცეული აცივებს მაგიდის ქვემო ზედაპირს და თანდათან ყინავს მასზე მდებარე ობიექტს. ნახშირორჟანგი აირის სახით გამყინავი მაგიდის ირგვლივ ჩართულ ხვრელებიდან გარეთ გამოდის. ნახშირორჟანგის ეკონომიურად ხარჯვისა და ობიექტის უფრო სწრაფად გაცივების მიზნით, გაყინვის დროს გამყინავ მაგიდას თავზე აფარებენ ლითონის ან მინის თალფაქს. ობიექტის უკანასკნელი ანათლების მოთლის დროს, დანა რომ არ შეეხოს გამყინავი მაგიდის ზედაპირს და არ დაზიანდეს მაგიდაზე ობიექტის მოთავსების წინ, ობიექტს ქვეშ უფენენ მასზე ცოტათი მეტი დიამეტრის მქონე ორმაგად ან ოთხმაგად დაკეცილ, წყალში დასველებულ ფილტრის ქაღალდს. გამყინავი მიკროტომის დანა (6) თავსდება ღეროსმაგვარ დანის დამჭერში, რომლის მარცხენა ბოლო დამაგრებულია ვერტიკალურ ღერძზე და მის გარშემო ტრიალებს, მეორე კი წრის ერთ მეოთხედ რკალს ხაზავს. დანის დამჭერისა და მასთან ერთად დანის წინ და უკან მოძრაობა წარმოებს სახელურის (7) საშუალებით, რომელიც დანის დამჭერის მარჯვენა, თავისუფალ ბოლოზეა გაკეთებული.

დანის მოძრაობასთან ერთდროულად სპეციალური მექანიზმი ობიექტს ავტომატურად სწევს ზემოთ განსაზღვრული რაოდენობის მიკრონებზე.

მოთლილი გაყინული ანათლები დასველებული საჩვენებელი თითით დანის პირიდან გადააქვთ იმავე დესტილირებულ წყლიან ფინჯანში, რომელშიაც მოთავსებული იყო ნაჭერი ანათლების დამზადების წინ.

## განაყინი ანათლების დაწებება სასაგნე მინაზე

დესტილირებული წყლიდან ანათლები შპადელის საშუალებით ჯერ გადააქვთ 50° ალკოჰოლში, შემდეგ კი ცილა-გლიცერინით წასმულ სასაგნე მინაზე. მრავალჯერ დაკეცილი ფილტრის ქაღალდით სასაგნე მინაზე მდებარე ანათლებს ფრთხილად აწვებიან და ასწორებენ. შემდეგ 100° ალკოჰოლით დასველებული მრავალჯერ დაკეცილი ფილტრის ქაღალდით იმეორებენ იგივეს და 0,5—1 წუთით პრეპარატი გადააქვთ 100° ალკოჰოლში. აქედან კი—70° ალკოჰოლში ან გამოხდილ წყალში, იმის მიხედვით, წყალხსნარი თუ სპირტხსნარი საღებავით ღებავენ ანათალს.

# ზოგადური პრეპარატი

ტოტალური პრეპარატი ეწოდება თხელი ფენის (ფირფიტის) სახით გაშლილ რომელიმე ორგანოს ან მის ნაწილს, რომელშიაც ცოტად თუ ბევრად შენარჩუნებულია ბუნებრივი კავშირი და ურთიერთობა ქსოვილებსა და მის ელემენტებს შორის.

ტოტალური პრეპარატის სიდიდის მიხედვით ეს კავშირი და ურთიერთობა, როგორც რაოდენობრივი, ისე თვისობრივი თვალსაზრისით, შეიძლება მეტად მრავალნაირი იყოს. ასე, მაგალითად, რომელიმე ძუძუმწოვრის (მაგ., კატის) საყლაპავი მილის ზედაპირიდან აფცქვნილი და სასაგნე მინაზე გაშლილი მცირე ზომის (დაახლოებით 0,5 სმ³) ეპითელური ფირფიტა წარმოადგენს ტოტალურ პრეპარატს. ამავე დროს ტოტალური პრეპარატია მთელ სიგრძეზე გახსნილი და მინის ფირფიტაზე მთლიანად გაშლილი, ვთქვათ იმავე ცხოველის საყლაპავი მილი.

ტექნიკურად ტოტალური პრეპარატი ადვილი მოსამზადებელია ისეთი ორგანოებიდან, რომლებსაც ფირფიტოვანი ფორმა აქვთ ან ადვილად გასაშლელია თხელ ფენად.

სისქისა და დამუშავების მიხედვით, ტოტალური პრეპარატი შეიძლება გასინჯული იქნეს გამავალ ან დაცემულ სინათლეში. პირველ შემთხვევაში ორგანო ან მისი ნაწილი გაკრული უნდა იქნეს მინაზე ან სხვა რაიმე გამჭვირვალე ფირფიტაზე.

ტოტალური პრეპარატის დამზადება შეიძლება მრავალ სხვადასხვა ორგანოსაგან:

1. ორგანოსაგან, რომელსაც ფირფიტოვანი ფორმა აქვს, როგორიცაა მაგალითად, ბადექონი, ჯორჯალი, ეპიკარდი, ტვინის გარსები და სხვა.

2. გახსნილ და მინის ფირფიტაზე გაშლილ ლულისებრი ორგანოებისაგან, მაგ., სხვადასხვა ნაწილები: საჭმლის მომნელებელი მილის, საშარდე გზების, სისხლის ძარღვებისა და სხვა.

3. ლულისებრი ორგანოების გარსებისაგან და ცალკე შრეებისაგან, როცა ისინი მოხერხებულად არიან გამოცალკევებული და მინის ფირფიტაზე გაშლილი, მაგ., ლორწოვანი, კუნთოვანი და სეროზული გარსები ცალ-ცალკე, სისხლძარღვთა გარსები და სხვა.

ასევე შესაძლებელია თვალის გარსების ცალ-ცალკე გამოყოფა.

4. თხელი შრეებისაგან, რომლებსაც ააცლიან ცოტად თუ ბევრად სადა ზედაპირის მქონე ორგანოებს თავისუფალ ზედა-

პირს. ამ გზით შეიძლება, მაგ., გამოიყოს ეპიდერმისი, კონიუნქ-ტივა და სხვა.

5. თავისუფალ ზედაპირიდან ბასრი სამართებლით მსხვილი პარენქიმული ორგანოების თხელი ფირფიტების მოთლის გზით, მაგ., ღვიძლის, თირკმლის, საკვერცხესი, ჰემისფეროს ქერქისა და სხვა.

6. სხვადასხვაგვარი თხელი შრეების მოფცქვნით კოლოიდური ფირფიტების საშუალებით.

7. პარალელურ ბოჭკოვანი აგებულების მქონე მკვრივი ორგა-ნოებისაგან მათი ცალკე მცირერიცხოვან ბოჭკოების კონებზე გახ-ლეჩის გზით, მაგ., კუნთების, ნერვებისა და სხვა.

8. ქსოვილის კულტურის სახით.

9. გარკვეულ ფარგლებში ტოტალურ პრეპარატად შეიძლება ჩაითვალოს სქელი, მაგ., 60 და მეტი მიკრონის სისქის ანათალი, მოთლილი მიკროტომის საშუალებით.

ჩვენ მიერ მოცემული არასრული სიიდან ჩანს, რომ ტოტა-ლური პრეპარატის დამზადება მეტად სხვადასხვაგვარი გზით შეიძ-ლება და რომ საქმისადმი აზრიანად მიდგომის შემთხვევაში მათი დამზადება შესაძლებელია ცხოველისა და ადამიანის (ბიოფსიური და გვამური მასალა) თითქმის ყველა ორგანოსაგან.

პირობების მიხედვით ტოტალური პრეპარატის ფიქსაციას ახდენენ მის დამზადებამდე (in situ) ან დამზადების შემდეგ.

დასახული მიზნის მიხედვით ტოტალური პრეპარატი შეიძლება შესწავლილ იქნეს მიკროსკოპის ან ლუპის საშუალებით, როგორც შეუღებავ, ისე შეღებილ მდგომარეობაში.

ტოტალური პრეპარატები, განსაკუთრებით როცა ისინი კარგად არიან დამზადებულნი, იძლევიან ბუნებრივ და მეტად მდი-დარ სურათს ორგანოების, ქსოვილებისა და მისი ელემენტების ურთიერთობის შესახებ. ტოტალური პრეპარატის საშუალებით შესაძლებელია ლულისებრი ორგანოების კედლის სისქეში მდებარე ჯირკვლების განაწილების, მათი ფორმის და ტოპოგრაფიის ზუსტი დადგენა, მაგ., საყლაპავ მილში, ნაღვლისა და შარდის ბუშტში და სხვა ორგანოებში. შესაძლებელი გახდა აგრეთვე რიგ ორგანოში ნერვების, ნერვული ღეროებისა და ნერვული კონების განლაგების და ურთიერთობის დადგენა და სხვა.

ამგვარი საკითხების ანათლების საშუალებით ამომწურავად შესწავლა შეუძლებელია. ამ მხრივ ტოტალურ პრეპარატს ვერას გზით ვერ შეცვლის ანათლები, თუნდაც სერიული. ტოტალური

პრეპარატები ძლიერ ავსებენ ანათლების მიერ მოცემულ სურათს, ამიტომ ჰისტოლოგიური საკითხების შესწავლის დროს ანათლების პარალელურად მეტად რეკომენდებული და გამოყენებული უნდა იყოს ტოტალური პრეპარატები.

## ქსოვილის ელემენტების იზოლაცია

ქსოვილის ელემენტების იზოლაციას ახდენენ ძირითადად მათი ფორმისა და ოდენობის გამოსაკვლევად. სტრუქტურული ელემენტების იზოლაცია შესაძლებელია სხვადასხვა რეაგენტის გავლენით, ან მექანიკურად ნემსების საშუალებით—გახლეჩისა და გამოყოფის გზით. ხშირად იყენებენ ორივე მეთოდს ერთდროულად. საჭიროების მიხედვით ახდენენ იზოლირებულ ელემენტების შელებვას. მათ ღებავენ განცალკევების შემდეგ ან მცირე ზომის ნაჭერს—განცალკევებამდე.

I. ეპითელური უჯრედების საიზოლაციოდ საუკეთესო საშუალებაა ე. წ. რანვიეს სპირტი. იგი შედგება ორ ნაწილ 96° ალკოჰოლისაგან და ერთ ნაწილ გამოხდილ წყლისაგან.

სასწავლო მიზნებით ეპითელური უჯრედების საიზოლაციოდ იყენებენ სასულეს ან ნაწლავის ეპითელს.

რომელიმე ლაბორატორიულ ცხოველს ამოჭრიან სასულედან ან ნაწლავიდან ლორწოვანი გარსის პატარა ნაჭერს, ასხამენ მას რანვიეს სპირტს და მცირე ზომის თავდახურულ ჭურჭელში სტოვებენ 12—24 საათით. ნაჭერზე დასხმულ რანვიეს სპირტის მოცულობა არ უნდა აღემატებოდეს ნაჭრის გასამეცებულ მოცულობას. ეპითელური უჯრედების განსაცალკევებლად ობიექტს ანჯღრევენ იმავე ჭურჭელში. მიღებულ შემღერეულ სითხეს ასხამენ სინჯარაში და ახდენენ ცენტრიფუგირებას. სინჯარის ძირში ამოიღებენ ერთ წვეთ ცენტრიფუგატს, გაანაწილებენ რამდენიმე სასაგნე მინაზე, აფარებენ საფარ მინას და ათვალიერებენ მიკროსკოპში.

ამგვარივე პრეპარატის დამზადება, ცენტრიფუგის უქონლობის შემთხვევაში, შეიძლება აგრეთვე მაცერირებული ნაჭრის ზედაპირის შეხებით სასაგნე მინის ზედაპირისადმი.

იზოლირებული უჯრედების შესაღებავად სასაგნე მინაზე დაწვეთებულ იზოლირებული უჯრედების შემცველ სითხეს დააცდიან შეშრობას (და არა გაშრობას) და 20—30 წუთით ათავსებენ ბუენის საფიქსაციო სითხეში. შემდეგ გადააქვთ 50° ალკოჰოლში,

გამოხდილ წყალში და ღებავენ ჰემატოქსილინ-ეოზინით (იხ. გვ. 124). და პრეპარატს საბოლოოდ აყალიბებენ ბალზამში.

შეიძლება აგრეთვე სამაცერაციო სითხეში (რანვიეს ალკოჰოლი) ბდებარე ნაჭრის შეღებვა in toto. ამ მიზნით სამაცერაციო სითხიდან მთლიან ნაჭერს ათავსებენ საღებავში, მაგალითად, შაბის კარმინში (იხ. გვ. 127). რეცხავენ წყალში და ახდენენ უჯრედების იზოლაციას ზემოაღწერილი წესით. შეღებილ და სასასაგნე მინაზე დამაგრებულ უჯრედების შემცველ პრეპარატს გაატარებენ ზრდადი სიმაგრის სპირტებში (70°, 80°, 96°, 100°), ქსილოლში და აყალიბებენ ბალზამში.

2. შ ე მ ა ე რ თ ე ბ ე ლ ქ ს ო ვ ი ლ ო ვ ა ნ ი ბ ო ჭ კ ო ე ბ ი ს საიზოლაციოდ ობიექტის სახით იყენებენ მყესს (მაგ., თაგვის კუდიდან). მყესოვან ბოჭკოებზე მოქმედებენ 6—8 დღის განმავლობაში კირის წყლით ან 4—6 საათის განმავლობაში ბარიტის წყლით.

თუ სურთ პრეპარატის შენახვა, იმ შემთხვევაში კირის ან ბარიტის წყალს ფრთხილად ანეიტრალებენ. საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება განცალკევებული შემაერთებელქსოვილოვანი ბოჭკოების შეღებვა (მაგ., ეოზინით ან პიკროფუქსინით) და მუდმივი პრეპარატის დამზადება (იხ. გვ. 135).

3. ე ლ ა ს ტ ი კ უ რ ი ბ ო ჭ კ ო ე ბ ი ს ს ა ი ზ ო ლ ა ც ი ო დ აიღებენ ელასტიკური ბოჭკოების შემცველ ორგანოების მცირე ნაჭრებს (ტლანქი ელასტიკური ბოჭკოებისათვის კარგია ხარის ქედის ოიგი, წვრილი და უწვრილესი ბოჭკოებისათვის კატის ნაწლავის ჯორჯალი ან ფილტვის ნაჭერი) და ჭიმავენ მათ თხელ ფირფიტებად. შემდეგ მათზე მოქმედებენ განზავებული კალიუმის ტუტის ხსნარით. რამდენიმე საათის შემდეგ გამოსაკვლევი ორგანოს ყველა ქსოვილი ტუტის გავლენით იხსნება, რჩება მხოლოდ ელასტიკური ბოჭკოები (ელასტიკური ბოჭკოების შეღებვა იხ. გვ. 137).

4. კ უ ნ თ ო ვ ა ნ ი ბ ო ჭ კ ო ე ბ ი ს ს ა ი ზ ო ლ ა ც ი ო დ ხმარობენ 33% ტუტე კალიუმის ხსნარს. 1—15 საათის შემდეგ კუნთის ნაჭერს ნემსებით ხლეჩენ იმავე სითხეში, მცირე ზომის ნამცეცებად. ასეთი გახლეჩის პროცესში თავისთავად ხდება მრავალი ცალკეული ბოჭკოების გამოყოფა.

გ ლ უ ვ ი კ უ ნ თ ო ვ ა ნ ი ბ ო ჭ კ ო ე ბ ი ს ს ა ი ზ ო ლ ა ც ი ო დ ამჯობინებენ რომელიმე ლაბორატორიული ცხოველის (მაგ., კატის) ნაწლავის კუნთოვან გარსს.

გ ა ნ ი ვ ზ ო ლ ი ა ნ ი ბ ო ჭ კ ო ე ბ ი ს ა თ ვ ი ს კი ბაყაყის ენის მუსკულატურას. მაცერაციის შესაწყვეტად კალიუმის ტუტეს უმატებენ მცირეოდენ ძმარმჟავა კალიუმის 60% ხსნარს.

თუკი სურთ იზოლირებული უჯრედების (ბოჭკოების) შეღებვა, ამ შემთხვევაში პრეპარატს რეცხავენ შაბის ხსნარით, ამაგრებენ სასაგნე მინაზე (იხ. ეპითელური უჯრედების იზოლაცია) და ღებავენ ჰემატოქსილინით ან კარმინით (იხ. გვ. 124, 125).

5. ნერვული უჯრედების საიზოლაციოდ ამოჭრიან სათანადო ორგანოს მცირე ნაჭერს, მაგალითად, ახალ მოკლული ორგანიზმის ზურგის ტვინის სეგმენტს კისრის ან წელის მიდამოდან, ხოლო ამ სეგმენტიდან წინა რქებს (უმჯობესია ცხენის, ხარის, ან კატის მასალა, ნერვული უჯრედების დიდი ზომის გამო) და 3—8 დღით ათავსებენ 50 სმ³ 0,005% ქრომის მჟავას ხსნარში. საიზოლაციო სითხის გავლენით ტვინის ბოჭკოვანი მასა ძლიერ რბილდება და ამის გამო განგლიოზური უჯრედების გამოყოფა შენჯღრევით ან ნემსებით გახლეჩის საშუალებით ადვილია.

ხშირად სარგებლობენ აგრეთვე ნერვული უჯრედების რეზისტენტობით ლპობისადმი. ნერვულ სისტემიდან ამოჭრილ სათანადო ნაჭერს გარკვეულ დრომდე ალპობენ და შემდეგ სასაგნე მინაზე ნემსებით ლუპის ქვეშ გამოყოფენ გრძელმორჩიან ნერვულ უჯრედებს.

ასეთი პრეპარატი შეიძლება შესწავლილ იქნეს შეუღებავად უშუალოდ წყალში ან გლიცერინში. თუ სურთ ასეთი წესით გამოყოფილი ნერვული უჯრედების შეღებვა, ამისათვის იყენებენ ეოზინს, მჟავე ფუქსინს ან სხვა საღებავს.

მუდმივი პრეპარატის დასამზადებლად ნერვულ უჯრედების შემცველ მაცერირებული ორგანოს ძლიერ მცირე ნაჭერს სრესენ ცილა-გლიცერინ წასმულ ორ სასაგნე მინას შორის. თითოეულ სასაგნე მინაზე წასმულ მასას შეაშრობენ (მთლად არ უნდა გაშრეს) და ათავსებენ 100° ან 96° ალკოჰოლში სასაგნე მინაზე დასამაგრებლად. შემდეგ გადააქვთ 100° ალკოჰოლში, ქსილოლში და აყალიბებენ ბალზამში.

6. ნერვული ბოჭკოების იზოლაციისათვის ამოჭრიან ნერვის მცირე ნაჭერს (მაგ., ბაყაყის საჯდომ ნერვს), ათავსებენ სასაგნე მინაზე, ასველებენ შეორთქლებით და ლუპის ქვეშ ხლეჩენ ორი საპრეპარაციო ნემსით. ორივე ნემსს ჩაფლავენ ნერვის ცენტრში ერთსა და იმავე ადგილას და შემდეგ გასწევენ ნემსებს ნერვული ბოჭკოების ღერძის პერპენდიკულარულად.

ამ გზით შეიძლება გამოყოფილ იქნეს დაკვირვებისათვის დაუზიანებელი ნერვული ბოჭკოების საკმარისი რაოდენობა (ნერვული ბოჭკოების შეღებვის შესახებ იხ. გვ. 139).

7. არსებობს აგრეთვე სხვა ორგანოთა სტრუქტურული ელემენტების გამოსაცალკევებლად მრავალი ხერხი და საიზოლაციო სითხე. ასე, მაგალითად, ეპიდერმისის უჯრედებისა და ბროლის ბოჭკოების საიზოლაციოდ რეკომენდებულია ფტორის ნატრიუმის 1—2% ხსნარი (საჭიროა რამდენიმე საათით მოქმედება), ძვალოვანი სხეულაკების საიზოლაციოდ აზოტმჟავა და გლიცერინი, ძვალოვანი ფირფიტების საიზოლაციოდ დეკალცინირებულ ძვალს ადუღებენ წყალში და ასე შემდეგ.

## ნაცხების დამზადება

ნაცხებს ამზადებენ სისხლიდან, სხვადასხვა პანერქიმულ ორგანოს გაჭრილ ზედაპირზე ანაფხეკიდან, სპერმისაგან და სხვა.

*სისხლის ნაცხების დამზადება.* სისხლის ნაცხების დასამზადებლად საჭიროა კარგად გარეცხილი და ცხიმისაგან განთავისუფლებული სასაგნე და საფარი მინები. სასაგნე და საფარ მინებს (უმჯობესია უხმარი) ინახავენ სპირტ-ეთერში. ხმარების წინ მინებს წმენდენ ტილოს ხელსახოცით და რამდენიმეჯერ გაავლებენ ალზე. მუშაობის დროს ხელით ეხებიან მხოლოდ სასაგნე მინის ნაპირებს და არა ზედაპირს.

სისხლის გამოშვების წინ კანს (ჩვეულებრივ თითის კანს) ჯერ ბანენ საპნით, შემდეგ წმენდენ სპირტით.

კანში საჩხვლეტად უმჯობესია ფრანკის ნემსი, რომელსაც წინასწარ ათავსებენ 70°—90° სპირტში ერთი საათით.

ნაჩხვლეტი უნდა იყოს 2—3 მმ სიღრმისა, რომ სისხლი თავისით გამოვიდეს, ყოველგვარი დაწოლის გარეშე. სისხლის პირველ წვეთს მოწმენდენ; ამავე დროს, ყოველი ცალკე ნაცხების დასამზადებლად საჭიროა სისხლის ახალი წვეთი.

სისხლის წვეთის ზედაპირს ოდნავ ეხებიან საფარი მინის შუა ნაწილით ან სასაგნე მინით.

საფარ მინაზე აღებულ წვეთს აფარებენ მეორე საფარ მინას ირიბად ისე, რომ მათი ნაპირები ერთმანეთს მთლიანად არ ფარავდეს და ზედდაწოლის გარეშე ერთმანეთს დააშორებენ.

სასაგნე მინაზე აღებულ სისხლის წვეთს კი ეხებიან მეორე სასაგნე მინის ერთი ბოლოთი ისე, რომ იგი პირველ სასაგნე მინის მიმართ დახრილი იყოს დაახლოებით 35°-ით. სისხლის წვეთი ამ დროს უნდა მოექცეს და აავსოს ორი სასაგნე მინის შორის დარჩენილი მახვილი კუთხე. როცა სისხლი დინებით შეეხება ორივე სასაგნე მინის ნაპირს, ამოძრავებენ ზემო სასაგნე მინას იმგვა-

რივე დახრილ მდებარეობაში სისხლის წვეთის საწინააღმდეგო მიმართულებით ისე, რომ სისხლი თანაბრად გაიშალოს სასაგნე მინაზე. ნაცხების დამზადებისას ხელსაყრელი არ არის ზედმეტი სიჩქარე ან დაყოვნება.

ნაცხებიან საფარ ან სასაგნე მინას სწრაფად ამოძრავებენ ჰაერში გაშრობის მიზნით.

კარგ ნაცხებში სისხლის უჯრედები თანაბრადაა განაწილებული და ერთიმეორისაგან განცალკევებული. დამზადებული სისხლის ნაცხები შეიძლება შესწავლილ იქნეს მიკროსკოპულად შეუღებავ მდგომარეობაში.

თუ სურთ სისხლის ნაცხების შეღებვა, ახდენენ მის ფიქსაციას. ფიქსაციისათვის უმჯობესია სუფთა, წყლისაგან თავისუფალი მეთილის სპირტი (5—10 წუთი) ან აბსოლუტური სპირტისა და ეთილის ეთერის (თანაბარი რაოდენობით) ნარევი (20—30 წუთი). ფიქსაციის შემდეგ პრეპარატს აშრობენ და ღებავენ აზურ-ეოზინით ან ჰემატოქსილინ-ეოზინით (იხ. გვ. 124, 132).

გარდა აზურ-ეოზინისა, სისხლის ნაცხების შესაღებავად არსებობს შეღებვის სპეციალური მეთოდების მთელი წყება, როგორც მაგ., შეღებვა გიმზას ხსნარით, მაი-გრუნვალდით, რომანოვსკით, პეპენჰეიმით და სხვა.

## III. შ ე ღ ე ბ ვ ა

შეღებვა მეტად რთული პროცესია (იხ. ქვევით). თუ მხოლოდ გარეგნულ მხარეს გავითვალისწინებთ, შეღებვას უწოდებენ ისეთ პროცესს, როცა საღებავი ნივთიერების ხსნარით დამუშავებული სხეული იღებება. ჩვეულებრივ, ობიექტი იღებება საღებავი ნივთიერების ფერში, იშვიათად—სხვა ფერში.

ყველა საღებავი, რომელიც იხმარება მიკროსკოპულ ტექნიკაში, წარმოადგენს ორგანულ შენაერთს და შეიცავს თავის შემადგენლობაში ნახშირბადს და წყალბადს. როგორც ბუნებრივი, ისე ხელოვნური საღებავების (იხ. გვ. 122, 123) ძირითად ბირთვს შეადგენს ბენზოლი. ამ თვალსაზრისით შეიძლება ყველა საღებავი ნივთიერების გაერთიანება.

შეღებვას, ისე როგორც ფიქსაციას, მეტად თვალსაჩინო ადგილი უჭირავს მიკროსკოპულ ტექნიკაში. შეღებვას დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც ვიტალურ, ისე სუპრავიტალურ და ფიქსირებულ ობიექტების (ტოტალური პრეპარატი, ანათალი) გამოკვლევის დროს. შეღებვის შედეგად მიიღება იმდენად ნათელი და

დიფერენცირებული სურათი, რომ მას ამ მხრივ არ შეეძლება ჰისტოლოგიური შესწავლის არცერთი სხვა მეთოდი.

მიკროტექნიკის წინსვლა მჭიდროდაა დაკავშირებული ბოჭკოვანი სტრუქტურების შეღებვის ტექნოლოგიის განვითარებასთან საფეიქრო მრეწველობაში. მიკროსკოპულ ტექნიკაში დღეს ცნობილია მრავალი სინთეზური საღებავი და მათი ქიმიური შედგენილობა. საღებავების ქიმიიდან ცნობილია, რომ ნივთიერების ფერადოვნება დაკავშირებულია არა ამ ნივთიერების შემადგენელი ატომების ხასიათზე, არამედ მათ განაწილებაზე ქიმიურ შენაერთში, ე. ი. ატომების დაჯგუფების სისტემაზე. კერძოდ, შეღებილ ნივთიერებას ფერს აძლევს ე. წ. ფერის შემცველი ჯგუფები. სხვანაირად რომ ვთქვათ, ფერის შემცველი ჯგუფების მიმატების შედეგად უფერული ნივთიერება ხდება ფერად ნივთიერებად. თავის მხრივ ფერად ნივთიერებას ჯერ კიდევ არ შესწევს შეღებვის უნარი. შეღებვის უნარის შესაძენად საჭიროა ფერად ნივთიერებაში შეყვანილ იქნეს ე. წ. დამხმარე ნივთიერებანი. სხვა სიტყვებით, დამხმარე ნივთიერებების მიმატება ფერად ნივთიერებას გადააქცევს საღებავ ნივთიერებად.

შეღებვის პროცესში ჯერ კიდევ ბევრი რამ ცნობილი არ არის და ამიტომ წამოყენებულია შეღებვის მრავალი თეორია. ყოველი ასეთი თეორია ცალმხრივია, ვინაიდან ვერცერთი მათგანი ამომწურავად ვერ ხსნის იმ მოვლენებს, რომლებსაც ადგილი აქვს შეღებვის პროცესში. ამჟამად უფრო გავრცელებულია შეღებვის სამი თეორია: ქიმიური, ფიზიკა-ქიმიური და ელექტრო-კოლოიდური.

ქიმიური თეორიის თანახმად საღებავი ნივთიერებები ცილებთან ქმნიან მარილისმაგვარ შენაერთებს და ამით იწვევენ მათ შეღებვას.

ფიზიკა-ქიმიური თეორია შეღებვის პროცესს უკავშირებს საღებავი ნივთიერების მოლეკულების სიდიდეს, მათი დიფუზიის სიჩქარეს, აგრეთვე ზედაპირული დაქიმულობისა და ადსორბციის ძალებს.

ელექტრო-კოლოიდური თეორიის თანახმად პრეპარატის ამა თუ იმ სტრუქტურის შეღებვა დამოკიდებულია მის მეავიანობასა და ტუტიანობაზე, აგრეთვე სტრუქტურების ე. წ. იზოელექტრულ წერტილზე და მუხტზე.

ჰისტოლოგიურ ტექნიკაში გამოყენებულ საღებავ ნივთიერებებს ძირითადად ხსნიან წყალში ან, უფრო იშვიათად, ალკოჰოლში. განსაკუთრებულ შემთხვევებში მას ხსნიან მარილების, ტუტეებისა ან სიმჟავეების ხსნარებში. შეღებვის ხარისხის ასამაღლებლად სა-

ღებავის ხსნარს ზოგჯერ უმატებენ ანილინს. წყალში ან სხვა გამხსნელში საღებავი ნივთიერებების საჭირო კონცენტრაცია მოცემულია სხვადასხვა ავტორის რეცეპტით. ასეთი რეცეპტი შეიძლება თვით შეიმუშავოს ამა თუ იმ მკვლევარმა საღებავისა და შესაღები ობიექტის ბუნებისა და დასახული მიზნის მიხედვით.

ფიქსირებულ პრეპარატს ღებავენ ან ტოტალურად (მთლიანად), ან ანათლების დამზადების შემდეგ. ტოტალურად შეღებვას ჰისტოლოგიაში იშვიათად აწარმოებენ, რადგან ამ შემთხვევაში შეღებვის ხარისხის განსაზღვრა ძნელია, პირიქით, ეს ადვილი დასადგენია ანათლების მიმართ.

სასაგნე მინაზე დამაგრებულ პარაფინის ანათლებს შეღებვის წინ, როგორც აღვნიშნეთ, ქსილოლის საშუალებით აცლიან პარაფინს და გადააქვთ რამდენიმე კლებადი სიმაგრის ალკოჰოლში (100°, 96°, 70°) გამოხდილ წყლამდე (თუ საღებავი წყალხსნარს წარმოადგენს).

სასაგნე მინაზე დამაგრებულ ანათლებს შესაღებავად ათავსებენ ისეთი ზომის ცილინდრულ ან რამდენიმედ შებრტყელებულ ჭურჭელში, რომელშიაც სასაგნე მინა მთლიანად და ადვილად თავსდება ვერტიკალურ მდგომარეობაში. ერთი რეაგენტიდან მეორეში სასაგნე მინა გადააქვთ სპეციალური პინცეტის საშუალებით.

ამგვარადვე აწარმოებენ სასაგნე მინაზე დაწებებულ ცელოიდინისა და განაყინი ანათლების შეღებვას.

განცალკევებული გაყინული ანათლების შეღებვა წარმოებს მცირე ზომის მინის ან ფაიფურის ფინჯნებში. ანათალი ერთი რეაგენტიდან მეორეში გადააქვთ წვრილი მინის ჩხირით, რომელსაც ბოლო რამდენიმედ მოკაუჭებული აქვს. ამგვარადვე აწარმოებენ ცელოიდინის ცალკეული ანათლების შეღებვას. ობიექტის ერთი ჭურჭლიდან მეორეში გადასატანად საჭირო მინის ჩხირების დამზადება ადვილია ლაბორატორიაში ალკოჰოლის ალზე.

## მარტივი და რთული შეღებვა

მარტივ შეღებვას უწოდებენ, როცა პრეპარატს ღებავენ ერთი საღებავით.

როცა პრეპარატს ღებავენ რამდენიმე, ორი ან მეტი საღებავით, ამას რთული შეღებვა ეწოდება. ამ შემთხვევაში ჩვეულებრივ შეარჩევენ კონტრასტული ფერის საღებავებს. რთული შეღებვისას პრეპარატს თანმიმდევრობით ღებავენ ჯერ ერთი, შემდეგ მეორე საღებავით და ასე შემდეგ, ან პრეპარატს ათავსებენ რამდენიმე (ორი ან მეტი) საღებავის შემცველ (კომპლექსურ) ხსნარში.

## პროგრესული და რეგრესული შეღებვა

პროგრესული შეღებვისას შეღებვას შეწყვეტენ, როცა პრეპარატი ოპტიმალურად შეიღებება.

რეგრესული შეღებვისას კი პრეპარატს ჯერ ჭარბად შეღებავენ, ხოლო შემდეგ სათანადო რეაქტივის საშუალებით ამოაცლიან ზედმეტ საღებავს.

## სუბსტანციური და ადჟექტიური, ანუ ბაიცური შეღებვა

სუბსტანციური შეღებვისას საღებავი უშუალოდ ღებავს პრეპარატს.

ბაიცური შეღებვისას კი პრეპარატი იღებება მესამე ნივთიერების ე. წ. ბაიცის დახმარებით. ასეთი შეღებვის დროს ჯერ ბაიცს უერთდება პრეპარატს (მის ნაწილაკებს), ხოლო შემდეგ საღებავი ნივთიერება უერთდება ბაიცას. ამრიგად, საღებავი ნივთიერება პრეპარატის ნაწილაკებთან შეკავშირებულია ბაიცის საშუალებით. საღებავისა და ბაიცას შეერთებით წარმოიშობა ე. წ. საღებავი ლაქი. ლაქების წარმოშობისა და აგებულების თეორია ჯერჯერობით დაუმუშავებელია. აგრეთვე დაუმუშავებლია ლაქებით შეღებილი პრეპარატების დიფერენცირების თეორია. ბაიცების სახით მიკროტექნიკაში ძირითადად იხმარება ლითონის ჟანგები.

## ერთდროული და თანმიმდევრული შეღებვა

ერთდროული შეღებვის შემთხვევაში საღებავ ნივთიერებას წინასწარ უმატებენ ბაიცას. ბაიცას მიმატების შედეგად წარმოიშობა საღებავი ლაქი, რომელსაც შეღებვის დიდი უნარი ახასიათებს. ერთდროული შეღებვის მაგალითს წარმოადგენს ბემერის ჰემატოქსილინით შეღებვა (იხ. გვ. 124).

თანმიმდევრული შეღებვის შემთხვევაში პრეპარატს ჯერ ათავსებენ ბაიცას ხსნარში (დაამუშავებენ ბაიცით), ხოლო შემდეგ საღებავი ნივთიერების ხსნარში. ამ შემთხვევაში საღებავი ლაქი წარმოიშობა თვით პრეპარატში მისი საღებავში მოთავსების შემდეგ. ასეთია, მაგალითად, ჰეიდენჰაინის რკინის შაბ-ჰემატოქსილინით შეღებვა (იხ. გვ. 125).

## დიფუზური და შერჩევითი, ანუ ელექტივური შეღებვა

დიფუზური შეღებვის დროს პრეპარატის ყველა შემადგენელი ნაწილი ცოტად თუ ბევრად თანაბრად იღებება. ასეთი შეღებვა მეტწილად არ არის ხელსაყრელი.

ელექტივური, ანუ შერჩევითი შეღებვის დროს პრეპარატში შერჩევით იღებება ესა თუ ის ქსოვილი მთლიანად ან მისი გარკვეული ელემენტები, პრეპარატის დანარჩენი ნაწილი კი რჩება სრულიად შეუღებავი. ელექტივური შეღებვის დროს შესაძლებელია სხვა ვარიანტიც. მაგალითად, როცა პრეპარატში ქსოვილის სხვადასხვა ნაწილი შეიღებება სხვადასხვა ფერში ან ერთი და იგივე ფერის სხვადასხვა ელფერში.

მეტაქრომატული შეღებვა (მეტაქრომაზია) ეწოდება ისეთ შეღებვას, როცა პრეპარატში ქსოვილის ზოგი შემადგენელი ნაწილი იღებება არა საღებავი ხსნარის ფერში, არამედ მისგან განსხვავებულ ფერში. მაგალითად, თიონინის იისფერი წყალხსნარი ლორწოს და ფოყიერი უჯრედების მარცვლებს ღებავს წითელ ფერში.

შეღებვის თავისებურ პროცესს წარმოადგენს იმპრეგნაცია.

## იმპრეგნაცია

იმპრეგნაცია გულისხმობს ნაჭრების (ფიქსირებული ან არაფიქსირებული) ან ანათლების გაჟღენთვას რომელიმე ლითონის მარილის ხსნარით. შემდეგ ეს მარილები ქსოვილის გარკვეულ ადგილებში განიცდიან აღდგენას. აღდგენის შედეგად მარილები ან გადადიან შეღებილ შენაერთში ან გამოიყოფიან ლითონის უწვრილესი მარცვლების სახით. ბოლოს მარილების აღდგენის შედეგად ქსოვილის ზოგიერთი ელემენტი შეიძლება შეიღებოს კიდეც რაიმე ნალექის შექმნის გარეშე. უკანასკნელ შემთხვევაში შეღებვასა და იმპრეგნაციას შორის არავითარი განსხვავება აღარ არის.

იმპრეგნაციისათვის მიკროტექნიკაში ძირითადად იხმარება ოქროს ქლორიდი, ვერცხლის ნიტრატი და ოსმიუმის სიმჟავე. დასახელებული ლითონები იწვევენ ცილების დალექვას. ამიტომ არაფიქსირებულ ქსოვილებზე მოქმედების დროს ლითონებით იმპრეგნაცია იმავე დროს იწვევს ობიექტის ფიქსაციასაც.

### საღებავების კლასიფიკაცია

საღებავები წარმოშობისა და დამზადების მიხედვით იყოფიან ბუნებრივ და ხელოვნურ საღებავებად. მიკროტექნიკაში ნახმარი საღებავებიდან ბუნებრივს ეკუთვნიან კარმინი (ცხოველური წარმოშობის), ჰემატოქსილინი და ინდიგო (მცენარეული წარმოშობის). დანარჩენი საღებავები (მათი რაოდენობა მეტად დიდია) წარმოადგენენ სინთეზურ საღებავებს.

## ბუნებრივი საღებავები

**კარმინი.** კარმინს ამზადებენ ხეზე მცხოვრებ სხვადასხვა სახის პარაზიტულ მწერებიდან (კოშენილი-Hemiptera, ოჯახი-coccus cocti), რომლებიც ცხოვრობენ მექსიკაში და ცენტრალურ ამერიკაში. კარმინი მოიპოვება მათი კვერცხების ყვითრში. ამიტომ დედლებს აგროვებენ ხეებზე ბევრად ადრე, ვიდრე ისინი კვერცხების დებას დაიწყებდნენ, ხოცავენ ცხელ წყალში და აშრობენ ღუმელში გახურებული ჰაერის საშუალებით. ერთი კილოგრამი ე. წ. კოშენილის დასამზადებლად საჭიროა დაახლოებით 140.000 ცხოველის შეგროვება. კოშენილიდან კარმინის ექსტრაქციას ახდენენ შაბისა და ღვინის ქვის საშუალებით. მზა კარმინი წარმოადგენს მუქი წითელი ფერის ფხვიერ მასას. იგი არ იხსნება წყალში და ალკოჰოლში, არამედ ტუტეებში, ამონიაკში, სიმჟავეებში და შაბის ხსნარებში. კარმინის შემადგენლობაში შედის კარმინის მჟავა, რომელსაც აქვს შეღებვის უნარი. ტუტეებთან კარმინის მჟავა იძლევა ხსნად მარილებს (ტუტე მიწა ლითონებთან, მძიმე ლითონებთან კი—უხსნად მარილებს).

მიკროტექნიკაში საღებავის სახით იხმარება: კოშენილი, კარმინი და კარმინის მჟავა. უკეთეს შედეგს იძლევა ქიმიურად წმინდა კარმინის სიმჟავისაგან დამზადებული საღებავი ხსნარები. ამიტომ ამ რეაქტივს სხვებთან შედარებით უპირატესობა ეძლევა.

კარმინის ჯგუფის ნივთიერებები მიკროტექნიკაში ფართოდაა გამოყენებული მთლიანი ნაჭრების შესაღებად, ციტოლოგიური გამოკვლევისათვის, განსაკუთრებით უჯრედის ბირთვის შესაღებავად, აგრეთვე ვერცხლით იმპრეგნაციის შემდეგ, როგორც დამატებითი საღებავი, გლიკოგენისა და ლორწოს შესაღებავად, დაბოლოს ცოცხალ მდგომარეობაში სხვადასხვა ელემენტების შესაღებავად ან მათში საღებავის დაგროვების მიზნით.

მცენარეული წარმოშობის საღებავებიდან მიკროტექნიკაში გამოყენებულია ჰემატოქსილინი და ინდიგო.

**ჰემატოქსილინი.** ჰემატოქსილინი მზადდება ყვითელი ფერის კამპეშის ხისაგან (Haematoxylon compechianum, ოჯახი-caesalpinaceae), რომელიც იზრდება ცენტრალურ ამერიკაში. ამ მცენარის მერქნის ეთეროვანი გამონაწვლილისაგან ამზადებენ ჰემატოქსილინს, რომელიც წარმოადგენს წყალში, ალკოჰოლში და გლიცერინში

ხსნად უფერულ კრისტალებს. ჰემატოქსილინიდან დამზადებული საღებავის ხსნარები ობიექტს ღებავენ მხოლოდ რამდენიმე კვირის შემდეგ, როცა ისინი „მომწიფდებიან“, ანუ როცა ჰემატოქსილინი დაჟანგვის შედეგად ჰემატეინად გადაიქცევა. ჰემატოქსილინისადმი დამჟანგველ შენაერთების მიმატებით, (მაგ., $NaIO^3$) შეიძლება დაჟანგვის პროცესის დაჩქარება.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ჰემატოქსილინი პრეპარატს ღებავს ბაიცის საშუალებით.

**ინდიგო.** ინდიგო მიიღება ინდიგოს მცენარედან (Indigofera. ოჯახი Leguminosae), რომელიც იზრდება ბენგალიაში. დამზადებული საღებავი წარმოადგენს მსუბუქ, მოლურჯო ფერის მასას. იგი არ იხსნება წყალში, ალკოჰოლში ან ეთილის ეთერში; იხსნება ანილინში, ფენოლში და ძმრის მჟავაში. ინდიგოს სხვადასხვაგვარი დამუშავებით მიიღება ინდიგოგოგირდმჟავები, აგრეთვე ე. წ. თეთრი ინდიგო. ინდიგომჟავები და თეთრი ინდიგო ფართოდ იხმარება საღებავ მრეწველობაში. ამჟამად ინდიგოს ძირითადად ამზადებენ ხელოვნურად.

მიკროტექნიკაში იხმარება ხელოვნურად დამზადებული ინ-დ ი გ ო-კ ა რ მ ი ნ ი.

## ხ ე ლ ო ვ ნ უ რ ი  ს ა ღ ე ბ ა ვ ე ბ ი

საღებავების ამ მეტად მრავალრიცხოვან ჯგუფს ამზადებენ სინთეზურად. ამიტომ მათ უწოდებენ ხელოვნურ საღებავებს.

ყველა ხელოვნური საღებავი მიიღება ფისისაგან, ამიტომ მათ კიდევ ფისის საღებავებს უწოდებენ. ტერპინი ანილინური საღებავები უფრო ვიწრო შინაარსს გამოხატავს, ვინაიდან ანილინი არ შეადგენს ყველა ხელოვნური საღებავის ძირითად შემადგენელ ნაწილს.

ქიმიური შენების მიხედვით ხელოვნურ საღებავებს ყოფენ: ძირითად, მჟავე, ნეიტრალურ და ინდიფერენტულ საღებავებად.

ძ ი რ ი თ ა დ ი  ს ა ღ ე ბ ა ვ ი წარმოადგენს მღებავი ფუძის მარილს (ძირითადად აზოტმჟავა, მარილმჟავა, მჟაუნმჟავა და ძმარმჟავა მარილს). იმ ჰისტოლოგიურ ელემენტებს, რომლებიც ელექტიურად იღებებიან ძირითადი საღებავებით, უწოდებენ ბაზოფილურს.

ძირითადი საღებავები შერჩევით ღებავენ უჯრედის ბირთვს (ქრომატინს). ამიტომ მათ კიდევ უწოდებენ ბირთვის საღებავებს. გარდა ბირთვისა ძირითადი საღებავებით უპირატესად იღებება: ღრტილის ძირითადი ნივთიერება, ფოყიერი უჯრედების მარცვლები და ლორწო.

ძირითად საღებავებს ეკუთვნიან: ძირითადი ფუქსინი, თიონინი, მეთილენის ლილა, საფრანინი და სხვა.

მ ჟ ა ვ ე  ს ა ღ ე ბ ა ვ ი წარმოადგენს მღებავი მჟავის მარილს (ძირითადად კალიუმისა და ნატრიუმის მარილებს). საღებავების ამ ჯგუფში შედის აგრეთვე ერთი ნამდვილი სიმჟავეც (პიკრინისა). თითქმის ყველა მჟავე საღებავს აქვს მკვეთრად გამოხატული მჟავე თვისებები, რაც აიხსნება მით, რომ ისინი შეიცავენ გარკვეულ ატომურ ჯგუფებს $NO_2$, $SO_3H$, COOH, და OH-ს.

მჟავე საღებავები ინტენსიურად ღებავენ ციტოპლაზმას. მჟავე საღებავებს ეკუთვნიან: ეოზინი, მჟავე ფუქსინი, პიკრინის მჟავა, ორანჟი, ინდიგო-კარმინი, აურანცია და სხვა.

ნ ე ი ტ რ ა ლ უ რ ი  ს ა ღ ე ბ ა ვ ი წარმოადგენს მჟავე და ძირითადი საღებავის მარილისმაგვარ შენაერთს. ნეიტრალურ საღებავების ძირითადი კომპონენტი ღებავს ქსოვილის ბაზოფილურ ელემენტებს. ნეიტრალურ საღებავებს ეკუთვნიან: აზურ-ეოზინი, ე. წ. ტრიაციდი (მეთილ-მწვანე, მჟავე ფუქსინი, ორანჟი), პირიდინ-ეოზინ-აზური და სხვა).

ი ნ დ ი ფ ე რ ე ნ ტ უ ლ ი  ს ა ღ ე ბ ა ვ ი ეწოდება ქიმიურად ინდიფერენტულ საღებავს, რომლის საინტერესო თვისება გამოიხატება მხოლოდ მის ხსნადობაში. ასეთი საღებავი არ იხსნება წყალში, ძნელად იხსნება ალკოჰოლში და კარგად იხსნება ცხიმში. ამ საღებავით ღებავენ ცხიმებს.

ინდიფერენტულ საღებავებს ეკუთვნიან: სუდან III და შარლახი R.

## ზ ე ღ ლ ე ბ ვ ი ს  მ ე თ ო დ ე ბ ი

### ც ი ტ ო ლ ო გ ი უ რ ი  ნ ა წ ი ლ ი

I. **ჰემატოქსილინ (ბემერის)—ეოზინით შეღებვა** იძლევა უჯრედის ნაწილებისა და უჯრედშორისი ნივთიერების სამიმომხილველო სურათს.

ა. ბემერის ჰემატოქსილინის დამზადება:

20 სმ³ ჰემატოქსილინის 10% ხსნარს ამზადებენ აბსოლუტურ ან 96° ალკოჰოლზე და ასხამენ დესტილირებულ წყალზე დამზადე-

ბულ 10%-იან კალიუმის შაბის 200 სმ³ გაფილტრულ ცხელ ხსნარში. გაცივების შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ და 10 დღით ტოვებენ ფართოყელიან ბანდით დახურულ ღია ჭურჭელში. ხსნარს მოსაწიფებლად დგამენ სინათლეზე, უმჯობესია მზეზე.

ბ. ეოზინის დამზადება: 1 გრ. ეოზინს ხსნიან 1 ლიტრ გამოხდილ წყალში.

გ. მარილმჟავა სპირტის დამზადება: 100 სმ³ 70° ალკოჰოლს უმატებენ 1 სმ³ უწყლო მარილმჟავას.

**შეღებვა.** 1. გამოხდილი წყლიდან პრეპარატი გადააქვთ ჰემატოქსილინის ხსნარში, რომელსაც ხმარების წინ ფილტრავენ. თვალს ადევნებენ, რომ პრეპარატი ზედმეტად შეიღებოს (ამისათვის საჭიროა დაახლოებით 5 წუთი; ბირთვებს არ უნდა ეტყობოდეს სტრუქტურა).

2. გარეცხვა უბრალო წყალში.

3. დიფერენცირება მარილმჟავა სპირტში.

დიფერენცირებას აწარმოებენ მიკროსკოპით კონტროლის ქვეშ. ამ მიზნით დროდადრო პრეპარატს მარილმჟავა სპირტიდან ამოიღებენ, რეცხავენ ონკანის წყალში და ათვალიერებენ მიკროსკოპში. ოპტიმალური შეღებვის კრიტერიუმად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბირთვებში ოდნავ შეღებილი ქრომატინის მარცვლების შემჩნევა.

4. მიმდინარე უბრალო წყალი რამდენიმე საათით, უმჯობესია დატოვება მეორე დღემდე.

5. ეოზინის ხსნარი (ვიდრე ინტენსიურად შეიღებება; დაახლოებით 4 წუთი).

6. ანათლების დიფერენცირება 70° ალკოჰოლში (სანამ ციტოპლაზმა მკრთალ ვარდისფერს მიიღებს).

ეოზინით შეღებვის დროს დიფერენცირების საჭირო ხარისხის შერჩევისათვის საჭიროა ერთგვარი პრაქტიკა.

7. ზრდადი სიმაგრის სპირტებში (80°, 96°, 100°) გატარება სწრაფად.

8. ქსილოლი.

9. ჩაყალიბება ბალზამში.

შ ე დ ე გ ი: ბირთვები შეღებილია იისფერში, ციტოპლაზმა—ვარდის-ფერში.

II. **ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსილინით შეღებვა** შეღებვის ყველაზე კარგი მეთოდია. იგი იძლევა უჯრედის ელემენტებისა და უჯრედშორის ნივთიერების მდიდარ სამიმომხილველო სურათს. ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსილინი შერჩევით ღებავს მიტოქონდრიებს.

ცენტრალურ სხეულაკს, კარგად ავლინებს ქრომოზომებს. გარდა ამისა, ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსილინი მრავალგვარ მუქ ელფერში ღებავს პრეპარატის სხვა კომპონენტებს.

ობიექტის ფიქსაცია უმჯობესია სულემის შემცველი ხსნარეპით (მაგ., მაქსიმოვის, ცენკერის და სხვა საფიქსაციო სითხეში).

ა. ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსილინის ძირითადი ხსნარის დამზადება:

0,5 გრ. ჰემატოქსილინს ხსნიან 10 სმ³ 96° ალკოჰოლში. შემდეგ ხსნარს ანზავებენ დესტილირებული წყლით 90 სმ³. ხსნარი უნდა მომწიფდეს 1,5—2 თვის განმავლობაში ბანდით დაფარულ ღია ჭურჭელში. რაც უფრო მეტ ხანს მწიფდება ხსნარი, უმჯობესია. ჰემატოქსილინის ძირითად ხსნარს ხმარების წინ ანზავებენ თანაბარი რაოდენობის დესტილირებული წყლით. ასეთი განზავებული ხსნარი დიდხანს იხმარება, ამავე დროს მისი ხარისხი თანდათან უმჯობესდება კიდეც. თუ ძირითადი ხსნარის მარაგი ლაბორატორიაში არ გააჩნიათ, მაშინ შეიძლება ჰემატოქსილინის ხსნარის მომწიფების დაჩქარება ხელოვნურად $NaJCO_3$-ის მიმატებით (0,5 გრ. ჰემატოქსილინს უმატებენ ზუსტად 0,1 გრ. $NaJCO_3$ ს).

ბ. რკინის შაბის ძირითადი ხსნარის დამზადება: 10 გრ. ღია იისფერ რკინის შაბის კრისტალებს (არა შეყვითლებულს) ხსნიან 100 სმ³ დესტილირებულ წყალში.

**შენიშვნა**: 1. ანათლები დესტილირებული წყლიდან გადააქვთ 2,5% რკინის შაბის ხსნარში (ძირითად ხსნარს ანზავებენ 4-ჯერ) 3—12 საათით და მეტიც.

2. დესტილირებულ წყალში საფუძვლიანად რეცხავენ.

3. ანათლები 1—36 საათით გადააქვთ ზემოდასახელებულ განზავებულ ჰემატოქსილინში.

4. დიფერენცირება რკინის შაბის 2,5% ხსნარით. ამ დროს ობიექტს საღებავი თანდათან სცილდება. დიფერენცირების ხარისხს დროდადრო ამოწმებენ. ამისათვის ანათლებს გაავლებენ დიდი რაოდენობის ჩვეულებრივ წყალში, რომ შეწყდეს დიფერენცირება და ათვალიერებენ მიკროსკოპში. (ამისათვის უმჯობესია წყლის იმერსიული ობიექტივის გამოყენება). რაც უფრო შორს ბიდის დიფერენცირება, მით უფრო ხშირად არის საჭირო მისი კონტროლი. დიფერენცირების ბოლო მომენტში დიფერენცირებას ანელებენ მით, რომ ხმარობენ მეტად განზავებულ რკინის შაბის ხსნარს, მაგ., 0,5%-იანს.

5. დიფერენცირების დამთავრების შემდეგ ანათლები გადააქვთ ჩვეულებრივ მიმდინარე წყალში, სადაც ტოვებენ მეორე დღემდე.

6. ზრდადი სიმაგრის სპირტები (70°, 80°, 96°, 100°).

7. ქსილოლი.

8. ჩაყალიბება ბალზამში.

ქსოვილები და მისი ელემენტები თავიანთ განსხვავებულ თვისებების მიხედვით სხვადასხვა ინტენსივობით ითვისებენ შაბს (ბაიცს), რომელშიაც პირველ რიგში ანათლებს ათავსებენ. შემდეგ, ჰემატოქსილინის მოქმედების შედეგად (როცა ანათლები ჰემატოქსილინში გადააქვთ), პრეპარატში წარმოიშობა შავი რკინა-ჰემატეინის ლაქი, რომელსაც მომდევნო ექსტრაქციის დროს ქსოვილები ინარჩუნებენ სხვადასხვა ხარისხით.

შ ე დ ე გ ი: ქრომატინი, ქრომოზომები, ცენტრალური სხეულაკი, მიტოქონდრიები—შეღებილია შავ ფერში. პრეპარატის ზოგ სხვა კომპონენტს კი სხვადასხვაგვარი მუქი ელფერი აქვს.

**III. შეღებვა შაბის კარმინით. ხალებავის დამზადება.** კალიუმის (ან ამონიაკის) შაბის 5% ხსნარის 100 სმ³ უმატებენ 2 გრ. კარმინს და განუწყვეტლივ ადუღებენ ერთი საათის განმავლობაში. გაცივების შემდეგ საღებავს ფილტრავენ და უმატებენ 1 სმ³ ფორმალინს.

შეღებვა:

1. პარაფინამოცლილი ანათლები დესტილირებულ წყლიდან გადააქვთ 1—24 საათით საღებავში.

2. პრეპარატს რეცხავენ დესტილირებულ წყალში იმ დრომდე, სანამ ანათლებიდან საღებავის გამოყოფა არ შეწყდება.

3. ზრდადი სიმაგრის სპირტები (70°, 80°, 96°, 100°).

4. ქსილოლი.

5. ჩაყალიბება ბალზამში.

შ ე დ ე გ ი: ბირთვები მკვეთრად შეღებილია წითელ ფერში.

**IV. უჯრედის ხაზღვრების იმპრეგნაცია აზოტმჟავა ვერცხლის ხსნარით.** ამზადებენ აზოტმჟავა ვერცხლის 2% ე. წ. ძირითად ხსნარს. ხმარების წინ ამ ხსნარს ანზავებენ 1:10-ზე.

ვერცხლით მუშაობის დროს არ იხმარება ლითონის ინსტრუმენტები.

1. ჯორჯლიდან, პერიკარდიდან, სისხლის გაპრილი წვრილი ძარღვებიდან ამოპრილ თხელ ნაპრებს გაპიმავენ ცვილის ან სა-

ცობის ფირფიტაზე, წყალში რეცხავენ, შემდეგ ასხამენ 0,2%. აზოტმჟავა ვერცხლის ხსნარს და დგამენ მზის სინათლეზე. რამდენიმე ხნის შემდეგ (3—5 წუთი) ნაჭერი კარგავს გამქვირვალობას და იწყებს შეღებვას მკრთალ ყვითელ ფერში.

2. ნაჭერი გადააქვთ დესტილირებულ წყალში, რომელსაც რამდენჯერმე უცვლიან.

3. ფიქსაცია ჰიპოსულფიტის 2% ხსნარში (5—10 წუთი).

4. გარეცხვა დესტილირებულ წყალში.

სურვილის მიხედვით შეიძლება დამატებით უჯრედის ბირთვების შეღებვა, მაგალითად, შაბის კარმინით (იხ. გვ. 127).

5. საბოლოოდ ნაჭერს აყალიბებენ გლიცერინში.

6. ან გაატარებენ ზრდადი სიმაგრის სპირტებში (70°, 80°, 96°, 100°).

7. ქსილოლი.

8. ჩაყალიბება ბალზამში.

შ ე დ ე გ ი: უჯრედის საზღვრები შეღებილია შავად (კარმინით შეღებვის შემთხვევაში ბირთვები—წითლად).

V. **მიტოქონდრიების შეღებვა კიულის მეთოდით.** ამ შეღებვისათვის საჭიროა ობიექტის ფიქსირება შამპის სითხეში. წინასწარ მზადდება:

ა) ანილინის წყალი.

5—10 სმ³ წითელი ფერის ქიმიურად წმინდა ანილინს უმატებენ დესტილირებული წყლის 100 სმ³ და ენერგიულად ანჯღრევენ. ფილტრავენ წყალში დასველებულ ფილტრში (ანილინი და მისი ორთქლი შხამიანია).

ბ) ალტმანის მჟავე ფუქსინის ხსნარი.

ანილინის წყლის 100 სმ³-ში ხსნიან 20 გრ. მჟავე ფუქსინს.

გ) თიონინის 5% წყალხსნარი.

დ) აურანციის 5% ხსნარი 70° ალკოჰოლზე.

შ ე ღ ე ბ ვ ა: 1. სასაგნე მინაზე (ანათლებზე) ასხამენ მჟავე ფუქსინის ხსნარს და პინცეტით უპირავთ სპირტის ალზე აორთქლების დაწყებამდე.

2. აცივებენ (6 წუთი).

3. დესტილირებული წყლით სწრაფად გადარეცხავენ ჭარბ საღებავს.

4. ღებავენ თიონინის 5% ხსნარით (1—2 წამი).

5. საღებავს ამოაცლიან პრეპარატს დესტილირებულ წყალში გაელებით.

6. ახდენენ დიფერენცირებას აურანციის 0,5% სპირტხსნარით 20—40 წუთი (მიკროსკოპში კონტროლით).

7. ზრდადი სიმაგრის სპირტები (70°, 80°, 96°, 100°).

8. ქსილოლი,

9. ჩაყალიბება ბალზამში.

**შ ე დ ე გ ი:** მიტოქონდრიები შეღებილია მოლურჯო-წითლად, ქრომატინი — ლურჯად, ციტოპლაზმა — მოყვითალო-ყავისფერში. ყვითრის მარცვლები — მოლურჯო წითელ ფერში.

**VI. ბადებრივი აპარატის გამოსავლინებლად** უკეთესია კოპშის მეთოდი კოლაჩევის მოდიფიკაციით.

1. ფიქსაცია შამპის ხსნარში—24 საათი.

2. ობიექტის გარეცხვა (დესტილირებულ წყალში), საჭიროა წყლის ცვლა (6—24 საათი).

3. ათავსებენ 1% ოსმიუმის მეავაში (t 33°—35°) 3—9 დღის განმავლობაში მუქ ჭურჭელში (თუ სითხე 4 დღის შემდეგ გაშავდება, საჭიროა მისი გამოცვლა).

4. ბეჯითად გარეცხვა გამოხდილ წყალში (30—60 წუთი).

5. ზრდადი სიმაგრის სპირტებში სწრაფი გატარება.

6. ქსილოლი.

7. ჩაყალიბება პარაფინში.

8. ანათლების დამზადება (სისქით 2—5 მიკრონი).

9. პარაფინის გამოცლა ქსილოლით.

10. ჩაყალიბება ბალზამში.

**შ ე დ ე გ ი:** ბადებრივი აპარატი შეღებილია შავად ყვითელი ან რუხი ფერის ფონზე.

**VII. ლორწოს შეღებვა მუციკარმინით.** მუციკარმინის ძირითადი ხსნარის დამზადება: 1 გრ კარმინს, 0,5 გრ ქლორალუმინიუმს (თეთრი, მშრალი) და 2 სმ³ დესტილირებულ წყალს ფრთხილად აცხელებენ ფაიფურის პატარა ჯამში, მცირე ზომის ალზე და თან განუწყვეტლივ ურევენ მინის ჩხირით. აცხელებენ იქამდე, სანამ ნარევის საწყისი ღია წითელი ფერი არ შეიცვლება მუქი წითელი ფერით. ეს ხდება დაახლოებით 2 წუთის შემდეგ. საღებავის ჯერ კიდევ თბილ მასას უმატებენ 100 სმ³ 50° ალკოჰოლს, 24 საათის შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ.

**შ ე ღ ე ბ ვ ა:** 1. 5—10 წუთით ანათლებს ათავსებენ დესტილირებული წყლით 10-ჯერ განზავებულ მუციკარმინის ძირითად ხსნარში.

2. დესტილირებული წყალი.

3. ზრდადი სიმაგრის სპირტები (70°, 80°, 96°, 100°).

4. ქსილოლი,

5. ჩაყალიბება ბალზამში.

კარმინის განზავებული ხსნარი მალე ფუჭდება.

შ ე დ ე გ ი: ლორწო შეღებილია წითელ ფერში.

თუ ბირთვებიც შეიღება წითლად იმის მაჩვენებელია, რომ საღებავში ურევია თავისუფალი მჟავა, რომლის ნეიტრალიზაციას ახდენენ ორნახშირმჟავა ნატრიუმის ($NaHCO_3$) 1% ხსნარის ფრთხილი მიმატებით (წვეთობით).

ჩვენს ლაბორატორიაში მუციკარმინით ლორწოს შეღებვის წინ პრეპარატს ღებავენ ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსილინით. შეღებვის ასეთი წესი განსაკუთრებით სასარგებლო შედეგს იძლევა ლორწოვანი გარსების კვლევის დროს.

**VIII. გლიკოგენის შეღებვა ბესტის კარმინით** საუკეთესო მეთოდია გლიკოგენის გამოსავლინებლად (უმცირეს ნაწილაკებისაც კი). ფიქსაცია ალკოჰოლ-ფორმოლში ან კარნუას სითხეში.

ა მ ზ ა დ ე ბ ე ნ:

ა. ბესტის კარმინს: სუსტ ალზე ადუღებენ რამდენიმე წუთის განმავლობაში 60 სმ³ დესტილირებულ წყალს, 2 გრ კარმინს, 1 გრ ნახშირმჟავა კალიუმს და 5 გრ ქლორკალიუმს (ფრთხილად, ძლიერ ქაფდება). ხსნარი თანდათან მუქ წითელ ფერს ღებულობს. გაცივების შემდეგ საღებავს უმატებენ 20 სმ³ ამონიაკს.

ბ. მადიფერენცირებელი ნარევი: 40 სმ³ მეთილის სპირტი, 80 სმ³ აბსოლუტური სპირტი, დესტილირებული წყალი 100 სმ³.

1. ანათლებს წინასწარ ამოაცლიან პარაფინს და კლებადი სიმაგრის სპირტებში გატარებით, წყალში გადააქვთ.

2. ბირთვებს ღებავენ ჰემატოქსილინით (მაგ., ბემერის ჰემატოქსილინით).

3. ბეჯითად რეცხავენ წყალში.

4. პრეპარატი 5—20 წუთით გადააქვთ ნარევში: ბესტის კარმინის ახლად გაფილტრული ხსნარი 20 სმ³, ამონიაკი 30 სმ³ და მეთილის სპირტი 30 სმ³.

5. ნარევიდან ანათლები წყალში გაუვლებლად პირდაპირ გადააქვთ მადიფერენცირებელ სითხეში, რომელსაც ორჯერ უცვლიან, სანამ საღებავის გამოყოფა არ შეწყდება. ეს გრძელდება რამდენიმე წამიდან რამდენიმე წუთამდე.

6. პრეპარატს გაავლებენ 80°, 90°, 96°, 100° ალკოჰოლში.

7. ქსილოლი,

8. ჩაყალიბება ბალზამში.

შ ე დ ე გ ი: გლიკოგენის მარცვლები შეღებილია ინტენსიურ წითელ ფერში, ბირთვები—იისფერში.

აღსანიშნავია, რომ ბესტის მეთოდით ლორწოც იღებება. ლორწოს შეღებვის გამოსარიცხავად ბესტის რეაქტივში გადატანამდე პარალელურად ერთ-ორ პრეპარატზე საკონტროლოდ აწვეთებენ გაფილტრულ ნერწყვს და დააცდიან 0,5 საათს. ამ შემთხვევაში გლიკოგენი ნერწყვის პტიალინის გავლენით შაქრად გადაიქცევა და ბესტით არ შეიღებება.

IX. **ცხიმის შეღებვა სუდან III-ით.** საღებავის დამზადება: სუდან III-ის მაძღარ ხსნარს 70°-იან ალკოჰოლში ათავსებენ თერმოსტატში (t—37°) 24—48 საათით და დროგამოშვებით ანჯღრევენ. ჭურჭლის ფსკერზე უნდა დარჩეს სუდანის ნალექი. ხსნარს ფილტრავენ.

შ ე ღ ე ბ ვ ა: 1. ფორმალინში ფიქსირებულ ნაჭერს ჭრიან გამყინავი მიკროტომით.

2. ღებავენ ბირთვებს ჰემატოქსილინით (მაგ., ბემერის ჰემატოქსილინით).

3. რამდენიმე წუთით გადააქვთ 50° ალკოჰოლში.

4. ღებავენ სუდან III-ის ხსნარით 20—25 წუთის განმავლობაში.

5. სწრაფად გაავლებენ 50° ალკოჰოლში.

6. გადააქვთ წყალში.

7. ანათლებს აყალიბებენ გლიცერინში.

8. საფარ მინას გარშემოავლებენ გამდნარ პარაფინს.

შ ე დ ე გ ი: ცხიმი შეღებილია ინტენსიურ ნარინჯ-ყვითელ ფერში, ბირთვები—იისფერში.

## ციტო-ჰისტოქიმიური გამოკვლევა *

ციტო-ჰისტოქიმიური გამოკვლევის მეთოდების აღწერა არ შედის ჩვენს გეგმაში. აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ ორგანიზმის ამა თუ იმ ნაწილში სხვადასხვა ქიმიური ელემენტის ან შენაერთის არსებობის დასადგენად და ტოპოგრაფიული განლაგების გამოსავლინებლად არსებობს რამდენიმე ძირითადი მეთოდი:

1. არაორგანული შენაერთების ცილების, ნახშირწყლების,

---

* დაწვრილებით იხ. მიკროტექნიკის ვრცელი სახელმძღვანელოები (როსკინისა, რომაისისა და სხვა).

ლიპიდების, ფერმენტების, ვიტამინების და სხვათა განლაგების გამოსაელინებლად გამოყენებულია რიგი მგრძნობიარე რეაქციებისა.

2. ულტრაიისფერ მიკროსკოპით პრეპარატში გამოავლინებენ სხვადასხვაგვარ ქიმიურ ნივთიერებას მათ მიერ სხვადასხვა სიგრძის ტალღის მქონე ულტრაიისფერი სხივების შთანთქვის მიხედვით.

3. მ ი კ რ ო დ ა ნ ვ ი ს მ ე თ ო დ ი. ორგანოებიდან დამზადებულ ანათლებს ახურებენ 500° — 700°-მდე და მიკროსკოპულად შეისწავლიან უჯრედებისა და ქსოვილების ნაცრის შემადგენლობას.

4. ნიშანდებული ატომების მეთოდით შეისწავლიან ჰისტოლოგიურ ანათლებზე რადიოაქტიურ ნივთიერებათა განაწილებას და შერჩევით დაგროვებას. ამისათვის იყენებენ ფოტოგრაფირების განსაკუთრებულ ხერხს — მიკრორადიოგრაფიას.

## ჰისტოლოგიური ნაწილი

ეპითელის, შემაერთებელი ქსოვილისა და კუნთოვანი ქსოვილის მიმართ ზოგადი მიმოხილვის სურათის მისაღებად კარგ შედეგს იძლევა შეღებვა: ჰემატოქსილინ-ეოზინით, ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსილინით და რიგი საღებავის კომპლექსური ხსნარებით, მაგალითად, აზურ-ეოზინით, აზანით და ვან-გიზონის მეთოდით.

ტოტალური პრეპარატების, განსაკუთრებით ქსოვილის კულტურების შესაღებად, რეკომენდებულია კარაჩის ჰემატოქსილინი.

გარდა ამისა, მოგვყავს რამდენიმე მეთოდი, რომლებსაც იყენებენ შემაერთებელი ქსოვილისა და ნერვული ელემენტების შესაღებავად.

ჰემატოქსილინ (ბემერის) — ეოზინით შეღებვა და ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსილინით შეღებვა უკვე ზემოთ იყო აღწერილი (იხ. § I და II).

**X. აზურ-ეოზინით შეღებვა.** (ნეიტრალური საღებავი). შეღებვის ამ მეთოდის გამოყენება უმჯობესია მაქსიმოვის სითხით, ცენკერის სითხით ან ალკოჰოლ-ფორმოლით ფიქსაციის შემდეგ.

საღებავი ხსნარების დამზადება:

ა. იენის მინის ჭურჭელში ამზადებენ 0,1% ეოზინის ხსნარს ბიდესტილატზე (ეოზინი „მოყვითალო“, წყალში ხსნადი).

ბ. იენის მინის ჭურჭელში ამზადებენ 0,1% აზურ II-ის ხსნარს ბიდესტილატზე.

**შ ე ღ ე ბ ვ ა:** 1. ბიდესტილირებული[1] წყლიდან ანათლები გადააქვთ საღებავში, რომელსაც ამზადებენ ex tempore (20 სმ³ ბიდესტილატს უმატებენ ა-ხსნარის 2 სმ³ და კარგად შეანჯღრევენ; შემდეგ უმატებენ 2 სმ³ ბ-ხსნარს).

2. საღებავში მდებარე პრეპარატებს 24 საათით დგამენ თერმოსტატში (t — 42°-მდე).

3. ახდენენ ანათლების დიფერენცირებას 96°-იან ალკოჰოლში, სანამ ერითროციტები ვარდისფერში არ შეიღებება.

4. 100° ალკოჰოლი.

5. ქსილოლი.

6. ჩაყალიბება ნეიტრალურ ბალზამში.

**შ ე დ ე გ ი:** ციტოპლაზმა შეღებილია ცისფერში სხვადასხვა ელფერით, ქრომატინი — ლურჯად, ჰემოგლობინი — ღია წითელ ფერში, ოქსიფილური მარცვლები — მკვეთრ წითელ ფერში (იხ. ტაბ. VI).

შეღებვის ამ მეთოდით სარგებლობენ სხვადასხვა ქსოვილის ოქსიფილური და ბაზოფილური ელემენტების დიფერენცირებისათვის.

**XI. აზანით შეღებვა** (ჰეიდენჰაინი) საუკეთესო მეთოდია შემაერთებელქსოვილოვანი ბოჭკოებისა და სხვადასხვა ჯირკვლოვან ელემენტების გამოსავლინებლად. აზანით შეღებვა უკეთეს შედეგს იძლევა სულემის შემცველი ფიქსაჟების გამოყენების შემდეგ (მაგ., ცენკერის სითხის, მაქსიმოვის სითხის და სხვა).

**ხ ა ღ ებ ა ვ ი ხ ს ნ ა რ ებ ი ს დ ა მ ზ ა დ ებ ა. ა. ა ზ ო კ ა რ მ ი ნ ი ს ხ ს ნ ა რ ი:** 100 სმ³ დესტილირებულ წყალში ხსნიან 0,1 გრ აზოკარმინს, ადუღებენ ცოტახანს და ოთახის ტემპერატურამდე გაცივების შემდეგ ფილტრავენ.

ნაწილი კრისტალებისა (ძლიერ წვრილი) გადის ფილტრში, სწორედ ისეთი რაოდენობით, რომ ხსნარის თერმოსტატში შემდგომი გათბობის შედეგად ისინი სავსებით იხსნებიან. საბოლოოდ 100 სმ³ გაფილტრულ ხსნარს უმატებენ 1 გრ უწყლო ძმარმჟავას.

**ბ.** ანილინ-ლურჯის და ორანჟის ნარევი: 100 სმ³ დესტილირებულ წყალში ხსნიან 0,5 გრ წყალში ხსნად ანილინ-ლურჯს და

---

[1] ბიდესტილირებულ წყალში არ უნდა იყოს ნახშირორჟანგი. ამისათვის ხმარების დღეს წყალს 10 წუთის განმავლობაში ადუღებენ ბრტყელფსკერიან იენის მინისაგან დამზადებულ კოლბაში თავღია მდგომარეობაში. გაცივების შემდეგ კოლბას უცობენ კარგად მორგებულ რეზინის საცობს.

2 გრ ორანჟ—g-ს, ხსნარს უმატებენ 8 სმ³ უწყლო ძმარმჟავას, ადუღებენ და გაცივების შემდეგ ფილტრავენ. შეღებვისათვის ამ ძირითად ხსნარს აზავებენ 1 — 3-ჯერ დესტილირებული წყლით.

გ. სადიფერენცირებო ხსნარი: 1 სმ³ ანილინის ზეთს უმატებენ 1 ლიტრ 90° ალკოჰოლს.

დ. ძმარმჟავა სპირტი: — 1 სმ³ უწყლო ძმარმჟავას უმატებენ 100 სმ³ 90° ალკოჰოლს.

შეღებვა: 1. პარაფინამოცლილი ანათლები წყლიდან გადაიქვთ პირველ ხსნარში (ა). ღებავენ თერმოსტატში 56 — 60°-ზე კარგად თავდახურულ ჭურჭელში 45 — 60 წუთის განმავლობაში.

2. აცივებენ (5 — 10 წუთი) ოთახის ტემპერატურის პირობებში.

3. ავლებენ დესტილირებულ წყალში.

4. ახდენენ დიფერენცირებას ანილინის ხსნარით (გ) იქამდე, სანამ ბირთვები კარგად არ გამოჩნდებიან, ქსოვილის დანარჩენი ნაწილის შეღებვის შედეგად.

5. სწრაფად აშორებენ ანილინის ძმარმჟავა სპირტით (დ) --0,5 — 1 წუთი. ამით დიფერენცირება წყდება.

თუ შეღებილი ქსოვილი ჯერ კიდევ ძლიერ წითელია, პრეპარატს ისევ უკან აბრუნებენ და ანილინიან სპირტში ათავსებენ. შემაერთებელ ქსოვილზე 1 — 3 საათის განმავლობაში ახდენენ გავლენას ფოსფორ-ვოლფრამის მჟავას 5% წყალხსნარით. ამით შემაერთებელი ქსოვილი კიდევ უფრო მეტად განიცდის დიფერენცირებას (ფოსფორ-ვოლფრამის მჟავა უნდა იყოს ქიმიურად სუფთა და დაუშლელი).

6. სწრაფად ავლებენ პრეპარატს დესტილირებულ წყალში.

7. ღებავენ ანილინ-ლურჯისა და ორანჟის ნარევით (ბ) 1 — 3 საათის განმავლობაში.

8. სწრაფად რეცხავენ წყალში.

9. ახდენენ დიფერენცირებას 96° ალკოჰოლში.

10. 100° ალკოჰოლი.

11. ქსილოლი.

12. ჩაყალიბება ბალზამში.

შედეგი: კოლაგენური ბოჭკოები და რეტიკულური შემაერთებელი ქსოვილი შეღებილია მეტისმეტად მკვეთრ ლურჯ ფერში, ქრომატინი — წითლად, კუნთოვანი ქსოვილი ფიქსაციის მიხედვით — ყვითლად, წითლად ან ლურჯად. ასეთსავე შედეგს იძლევა შეღებვა მალორით (იხ. ტაბ. VI).

გულმოდგინედ დამზადებული პრეპარატი დიდხანს ძლებს.

XII. **შეღებვა ვან-გიზონის მეთოდით.** ამ მეთოდით შეღებვისას ბირთვებს ღებავენ ვეიგერტის ჰემატოქსილინით, დანარჩენ ელემენტებს — პიკროფუქსინით.

ვეიგერტის ჰემატოქსილინის მომზადება: ამზადებენ ორ ხსნარს ა.ს და ბ.ს.

ხ ს ნ ა რ ი ა: 1 გრ ჰემატოქსილინს ხსნიან 100 სმ³ 96° ალკოჰოლში.

ხსნარი ბ: 95 სმ³ დესტილირებულ წყალში ხსნიან 4 სმ³ liquor ferri sesquichlorati-ს და უმატებენ 1 სმ³ აფთიაქის მარილის მჟავას.

ხმარების წინ (ex tempore) ხსნარებს ერთმანეთში აურევენ თანაბარი რაოდენობით.

ხსნარი ა და ბ ცალ-ცალკე ინახება წლობით.

პიკროფუქსინის დამზადება: 100 სმ³ მაძღარ პიკრინის მჟავას ხსნარს უმატებენ 5 — 10 სმ³ მჟავე ფუქსინის 1% წყალხსნარს.

შ ე ღ ე ბ ვ ა: 1. პრეპარატებს ათავსებენ ვეიგერტის ჰემატოქსილინში 1 — 2 წუთით (ან საღებავს აწვეთებენ ანათლებზე).

2. გულმოდგინედ რეცხავენ მიმდინარე წყალში (10 წუთი).

3. სასაგნე მინას ანათლის გარშემო აშრობენ ფილტრის ქაღალდით.

4. გადააქვთ პიკროფუქსინის ხსნარში (ან საღებავს აწვეთებენ ანათალზე).

5. აშრობენ სასაგნე მინას ანათლის გარშემო ფილტრის ქაღალდით.

6. ზრდადი სიმაგრის სპირტები (70°, 80°, 96°, 100°).

7. ქსილოლი.

8. ჩაყალიბება ბალზამში.

შ ე დ ე გ ი: ბირთვები შეღებილია შავად, ციტოპლაზმა და კუნთოვანი ბოჭკოები — ყვითელ ფერად, შემაერთებელქსოვილოვანი ბოჭკოები — კაშკაშა წითელ ფერად.

XIII. **კარაჩის ჰემატოქსილინით შეღებვა.** საღებავის დამზადება: 400 სმ³ დესტილირებულ წყალში ხსნიან 25 გრ კალიუმის შაბს, ხსნარს უმატებენ: 0,5 გრ ჰემატოქსილინს, 0,01 გრ $KJO_3$ და 100 სმ³ გლიცერინს.

კარაჩის ჰემატოქსილინი შესანიშნავად ღებავს ბირთვებს, იხმარება უპირატესად ქსოვილის კულტურის ტოტალური პრეპარატების შესაღებავად. ობიექტს ღებავენ პროგრესული წესით.

1. დესტილირებული წყლიდან ობიექტი გადააქვთ კარაჩის ჰემატოქსილინის ხსნარში 24 საათით.

2. გარეცხვა მიმდინარე წყალში 3 — 4 საათი.

3. ზრდადი სიმაგრის სპირტები (70°, 80°, 96° 100°).

4. ქსილოლი.

5. ჩაყალიბება ბალზამში.

შ ე დ ე გ ი: ბირთვები — ლურჯ ფერში, დანარჩენი ელემენტები — მეტად მკრთალ იისფერში.

**XIV. იმპრეგნაცია ფუტის მეთოდით.** (ბილშოვსკის მეთოდის ფუტის მოდიფიკაცია). შემაერთებელქსოვილოვანი ბოჭკოების, მათ შორის უწვრილესი ბოჭკოების გამოსავლინებლად. ფიქსაცია უმჯობესია 10 — 12% ფორმალინში.

1. განაყინი ან პარაფინამოცლილი ანათლები წყლიდან 5 წუთით გადააქვთ 0,25% კალიუმის ჰიპერმანგანატში.

2. ანათლებს რეცხავენ დესტილირებულ წყალში.

3. გადააქვთ 30 წუთით 5%-ან მჟაუნმჟავაში.

4. რეცხავენ ჯერ უბრალო წყალში, რომელშიაც ანათლები შეიძლება დატოვებულ იქნეს მეორე დღემდე.

5. რეცხავენ დესტილირებულ წყალში ორჯერ გამოცვლით.

6. ანათლებს 48 საათით ათავსებენ 20% აზოტმჟავა ვერცხლში (სიბნელეში).

7. ანათლებს ძლიერ სწრაფად რეცხავენ დესტილირებულ წყალში.

8. გადააქვთ 30 წუთით ვერცხლ-ამონიაკში.

(როგორც აღვნიშნეთ ვერცხლით მუშაობის დროს არ იხმარება ლითონის ინსტრუმენტები).

ვერცხლ-ამონიაკის დამზადება: 10% აზოტმჟავა ვერცხლის 20 სმ³ წვეთობით უმატებენ 40%-ან NaOH-ის ხსნარს. წარმოშობილ ნალექს ხსნიან ammonium causticum triplex-ის მიმატებით ისე, რომ ნალექი ოდნავ დარჩეს.

9. სწრაფად რეცხავენ დესტილირებულ წყალში.

10. გადააქვთ 30 წუთით ფორმალინის 5%-იან ხსნარში.

11. ანათლებს რეცხავენ მიმდინარე წყალში.

12. გადააქვთ ოქროს ქლორიდის ხსნარში (საათის მინაზე დასხმულ დესტილირებულ წყალს უმატებენ 1% aurum chloratum-ის რამდენიმე წვეთს), სანამ ანათლები არ გახუნდება.

13. გარეცხვა დესტილირებულ წყალში.

14. 5% ჰიპოსულფიტში გადატანა 2 წუთით.

15. ბეჯითი გარეცხვა.

დამატებით საღებავით შეღებვა, მაგ., ბემერის ჰემატოქსილინით.

16. ზრდადი სიმაგრის სპირტები (70°, 80°, 96°, 100°).

17. ქსილოლი.

18. ჩაყალიბება ბალზამში.

შ ე დ ე გ ი: უწვრილესი კოლაგენური ბოჭკოები შეღებილია შავად. მსხვილი კოლაგენური ბოჭკოები მუქყავისფერში ან მოყავისფრო-იისფერში.

**XV. ელასტიკური ბოჭკოების შეღებვა რეზორცინფუქსინით.** ეს მეთოდი საუკეთესოა. იგი გამოავლენს უწვრილეს ელასტიკურ ბოჭკოებსაც კი. გამოსადეგია ყოველგვარი ფიქსაჟი.

საღებავი ხსნარების მომზადება: ა. 0,5 გრ ძირითად ფუქსინს და 1 გრ რეზორცინს (ქიმიურად წმინდა, ანალიზისათვის) ხსნიან 50 სმ³ დესტილირებულ წყალში და აცხელებენ ერლენმეიერის კოლბაში (მოცულობით 200 სმ³), ბ. 10 სმ³ დესტილირებულ წყალში ხსნიან 2 გრ ქლორიან რკინას (კრისტალურს, ანალიზისათვის).

პირველ ხსნარს (ა) აცხელებენ დუღილამდე, უმატებენ მეორე ხსნარს (ბ) და ალზე ადუღებენ, თანაც მრავალჯერ ანჯღრევენ 5 წუთს. ოთახის ტემპერატურამდე გაცივების შემდეგ ნალექს აგროვებენ მცირე ზომის ფილტოში. შემდეგ ნალექს ფილტრთან ერთად უკანვე ათავსებენ ერლენმეიერის კოლბაში. ასხამენ მასში 70 — 100 სმ³ 96° ალკოჰოლს და ფრთხილად ათბობენ წყლის აბაზანაზე ან აცხელებენ ელექტროქურაზე ადუღებამდე. ამ დროს ნალექი იხსნება. ხსნარს აცივებენ, უმატებენ 0,7 სმ³ კონცენტრულ მარილის სიმჟავეს (ხვ. წონა 1,19 ან 1 სმ³ 25% HCl ხვ. წონით 1,124).

რეზორცინ-ფუქსინის ხსნარი გამოსადეგია ელასტინის შესაღებავად რამდენიმე თვის განმავლობაში.

შ ე ღ ე ბ ვ ა: 1. წყლიდან პრეპარატი გადააქვთ 80° ალკოჰოლში, შემდეგ —

2. რეზორცინ-ფუქსინის ხსნარში 10 — 30 წუთით.

3. ერთი წუთის განმავლობაში რეცხავენ მიმდინარე წყალში.

4. პრეპარატიდან წყალს წრეტენ და დიფერენცირებისათვის გადააქვთ 96° სპირტში, სანამ ანათალის ფონი არ გაუფერულდება და არ გამოჩნდება შავ-ლურჯი ფერის ელასტიკური ბოჭკოები.

5. 100° ალკოჰოლი.

6. ქსილოლი (არა კარბოლ-ქსილოლი) და

7. ჩაყალიბება ბალზამში.

დამატებით შეიძლება აგრეთვე სხვა ქსოვილების შეღებვა, მაგ., წყალში გარეცხვის შემდეგ ბირთვის შეღებვა ჰემატოქსილინით, ხოლო 96° ალკოჰოლიდან ვან-გიზონის პიკროფუქსინით; უკანასკნელიდან ანათლები გადააქვთ 96°, 100° ალკოჰოლში. ქსილოლში და აყალიბებენ ბალზამში.

შ ე დ ე გ ი: ელასტიკური ბოჭკოები შეღებილია შავ-ლურჯ ფერში, ბირთვები ლურჯად, ციტოპლაზმა და კუნთოვანი ბოჭკოები ყვითლად, კოლაგენური ბოჭკოები წითლად.

**XVI. ძვლის ნაქლიბის დამზადება.** 1. კარგად მაცერირებულ ძვალს (მაგ., ბარძაყის ძვალს) ამოკრიან წმინდა ხერხით კომპაქტურ ნივთიერებიდან გასწვრივად ან განივად თხელი თანაბარი სისქის ფირფიტას.

2. ამოკრილ ფირფიტას ქლიბავენ ჯერ ტლანქი (№ 1 — 2) შემდეგ თანდათან წმინდა ქლიბით (№ 3, 4, 5, ან 6).

3. დასველებულ ქვაზე ლესავენ ფირფიტის ჯერ ერთ, მერე მეორე მხარეს ისე, რომ მის ზედაპირზე არ დარჩეს ხერხის ან ქლიბის ნაკაწრი.

4. დამზადებულ ნაქლიბის ორივე მხარეს აპრიალებენ ნატის ნაპერზე.

5. ათავსებენ 100° ალკოჰოლში და თან სრესენ თითებს შორის.

6. ალკოჰოლის აორთქლების შემდეგ ნაქლიბს ათავსებენ ბენზოლში.

7. აშრობენ ჰაერზე.

8. დებენ სასაგნე მინაზე, აფარებენ საფარ მინას და ამაგრებენ მას გარშემო საცხებით.

შ ე დ ე გ ი: ჰაერის შემცველობის გამო კარგად ჩანან შავ ფერში ძვალოვანი სხეულაკები და მათი უწვრილესი მორჩები.

**XVII. ბაზოფილური სუბსტანციის ანუ Nisslis-ის მარცვლების შეღებვა.** 1. კარნუას სითხეში ფიქსირებულ პარაფინამოცლილ ზურგის ტვინის თხელ ანათლებს სისქით 5 მიკრონი, ღებავენ 1% მეთილენის ლურჯში. საღებავში მოთავსებულ პრეპარატებს დგამენ თერმოსტატში (42° t°-ზე) თავდახურულ ჭურჭელში 15 — 20 წუთით. ანათლები იღებება მუქ ლურჯ ფერში.

2. შეღებილ ანათლებს გაავლებენ წყალში.

3. ანათლების დიფერენცირებას ახდენენ 96° ალკოჰოლში.

ამ დროს ანათალს ჭარბად შორდება საღებავი. საღებავის ამოცლის ხარისხს ამოწმებენ მიკროსკოპით.

4. ანათლებს დამატებით ღებავენ მჟავე ფუქსინის 1% ხსნარით, სანამ ისინი არ მიიღებენ ძლიერ მკრთალ ვარდისფერს.

5. გატარება 96°, 100° ალკოჰოლში.

6. ქსილოლში.

7. ჩაყალიბება ბალზამში.

შ ე დ ე გ ი: ნისლის მარცვლები შეღებილია მუქ ლურჯ ფერში, ნერვულ უჯრედის ციტოპლაზმა და ბირთვები მკრთალ ვარდისფერში.

**XVIII. მიელინური ნერვული ბოჭკოების შეღებვა ოსმიუმის მჟავით.** 1. აშიშვლებენ ბაყაყის საჯდომ ნერვს მთელ სიგრძეზე, მის პერინერვიუმს კვეთენ სიგრძეზე ლანცეტის წვერით ან ნემსით და აწვეთებენ მასზე ოსმიუმის მჟავის 2% ხსნარს.

2. 10—15 წუთის შემდეგ ამოჭრიან ნერვს და ათავსებენ იმავე ოსმიუმის მჟავის 2% ხსნარში 24 საათით.

3. რეცხავენ მიმდინარე წყალში 24 საათი.

4. ორი დღე-ღამით ათავსებენ 2% მჟავე ფუქსინში.

5. რამდენჯერმე რეცხავენ წყალში და

6. ჭრიან გამყინავ მიკროტომზე, რაც შეიძლება თხელ გასწვრივ ანათლებად.

7. ზრდადი სიმაგრის სპირტები (70°, 80°, 96°, 100°).

8. ქსილოლი.

9. ჩაყალიბება ბალზამში — უმჯობესია ლევულოზაში.

შ ე დ ე გ ი: ნერვული ბოჭკოს მიელინური გარსი შეღებილია შავად, ცილინდრული ღერძი და შვანის გარსი — ვარდისფერში.

**XIX. ნეირონების იმპრეგნაცია გოლჯის ე. წ. სწრაფი მეთოდით.** 1. გამოსაკვლევ მასალას (თავის ტვინი, ზურგის ტვინი და სხვა) იღებენ ახალმოკლულ ახალგაზრდა ცხოველიდან, სიკვდილიდან არა უგვიანეს 10—12 საათის გასვლამდე. გამოსაკვლევად უმჯობესია აღებულ იქნეს ემბრიონის ან ახალშობილი ცხოველის (ან ადამიანის), განსაკუთრებით — ხბოს მასალა. ნაჭერს ზომით არა უმეტეს ზედაპირიდან 5—10 მმ², სისქით კი 2—3 მმ ათავსებენ საფიქსაციო სითხეში (2,5% ორქრომმჟავა კალიუმის ხსნარი

8 ნაწილი და 1% ოსმიუმის მჟავას ხსნარი — 2 ნაწილი) 2 — 5 დღით, სიბნელეში.

2. ნაპერს დებენ ფილტრის ქაღალდზე და დარჩენილ სითხეს აშრობენ მის ზედაპირზე.

3. ნაპერი გადააქვთ 10 სმ³ 0,75% აზოტმჟავა ვერცხლის ხსნარში. აქ მაშინვე წარმოიშობა ორქრომმჟავა ვერცხლის წითელი ფერის ნალექი.

4. რამდენიმე წუთის შემდეგ ნაპერს ათავსებენ იმავე აზოტმჟავა ვერცხლის მეტ რაოდენობაში ისე, რომ ხსნარი სრულიად გამქვირვალე დარჩეს.

5. 1 — 2 დღის შემდეგ ნაპერს სწრაფად გაავლებენ გამოხდილ წყალში.

6. ამოავლებენ გუმი-არაბიკუმის ხსნარში დი მისივე საშუალებით აკრავენ სტაბილიტის ბლოკზე.

7. რამდენიმე წუთის შემდეგ სტაბილიტზე დაკრულ ბლოკს ათავსებენ 70° ალკოჰოლში.

8. 1 საათის შემდეგ—96° ალკოჰოლში.

9. მეორე დღეს ნაპერს ჭრიან მიკროტომით სქელ ანათლებად (20 — 100 მიკრონამდე). მიკროტომის დანა რაც შეიძლება ირიბად უნდა მდებარეობდეს და უხვად სველდებოდეს 96° ალკოჰოლით.

10 ანათლები გადააქვთ იმავე 95° ალკოჰოლში.

11. კარბოლ-ქსილოლი (ფენოლი 10 გრ, ქსილოლი 100 სმ³).

12. სუფთა ქსილოლი.

13. ჩაყალიბება სქელ ბალზამში.

ბალზამში ჩაყალიბებულ პრეპარატს საფარ მინას არ აფარებენ, წინააღმდეგ შემთხვევაში იმპრეგნაცია მოკლე ხანში ირღვევა, სანამ პრეპარატზე ბალზამი გაშრებოდეს, მას იცავენ მტვერისაგან.

გოლჯის მეთოდით დამზადებული პრეპარატები კარგად ინახება ათეული წლობით.

დიდი მნიშვნელობა აქვს აზოტმჟავა ვერცხლის ხსნარში ობიექტის გაჩერების ხანგრძლიობას. ჩვეულებრივ ერთდროულად ახდენენ რამდენიმე ნაპრის გამოკვლევას. თუ შედეგი 3 დღის ფიქს. შემდეგ დამაკმაყოფილებელი არ არის, სინჯავენ ნაპრებს 4, 5, 6, 7 და მაქსიმუმ 8 დღის შემდეგ. თუ 7 — 8 დღის შემდეგაც იმპრეგნაცია დამაკმაყოფილებელი არ არის, ამ შემთხვევაში გამოკვლევას თავიდან იმეორებენ.

შ ე დ ე გ ი: კარგი იმპრეგნაციის შემთხვევაში ცალკეული განგ-

ლიოზური უჯრედები და მათი მორჩები თეთრ ფონზე შეღებილია მუქ შავ ფერში.

XX. **ბილშოვსკის მეთოდით მთლიანი ნაპრების იმპრეგნაცია ვერცხლით.** ეს მეთოდი კარგი მიმოხილვის სურათს იძლევა ცენტრალური ნერვული სისტემის ორგანოების: თავისა და ზურგის ტვინის სხვადასხვა მიდამოების, აგრეთვე ნერვული კვანძების მიმართ. თხელ ანათლებზე კარგად ჩანან ნეიროფიბრილები.

1. 0,5 — 1 სმ სიდიდის ტვინის ახალ ნაპრებს 14 დღით ათავსებენ 10% ფორმალინში.

2. 24 საათი რეცხავენ გამოხდილ წყალში და თან ცვლიან რამდენიმეჯერ.

3. ნაპერი გადააქვთ აზოტმჟავა ვერცხლის 2% ხსნარში, რომელშიაც სტოვებენ ნაპრის სიდიდის მიხედვით 5 — 10 დღემდე (სიბნელეში).

4. 24 საათით გადააქვთ ვერცხლ-ამონიაკის ხსნარში.

ვ ე რ ც ხ ლ - ა მ ო ნ ი ა კ ი ს დ ა მ ზ ა დ ე ბ ა ხდება ex tempore, ზედმიწევნით სუფთა ჭურჭელში (წინასწარ სიმჟავეს გამოავლებენ და მრავალჯერ გამორეცხენ უბრალო წყლით და ბოლოს დესტილირებული წყლით), რომელიც მხოლოდ ვერცხლ-ამონიაკის მოსამზადებლად უნდა იხმარებოდეს, იღებენ 10 სმ³ აზოტმჟავა ვერცხლის 10% ხსნარს (Argentum nitricum purissimum cristalisatum ანალიზისათვის) და უმატებენ 5 წვეთ 40%-იან ნატრიუმის ტუტეს (Natrium hydricum purissimum e nutro ანალიზისათვის). ხსნარში წარმოიშობა შავ-ყავისფერი ნალექი. ამის შემდეგ განუწყვეტელი ნჯღრევით წვეთ-წვეთობით უმატებენ ამონიაკს (ხვ. წონა 0,875 — 0,910, ანალიზისათვის). ჯერ ამონიაკს უმატებენ 3 — 5 წვეთობით, შემდეგ, როცა შემღვრევა გაფაშარავებას დაიწყებს,—თითო-თითო წვეთს და თანაც მომდევნო წვეთის მიმატებამდე იცდიან 10 — 20 წამს, რომ ამონიაკი ჭარბად არ იქნეს მიმატებული. ბოლოს, როცა ნალექის სახით დარჩება რამდენიმე მარცვალი, ხსნარს დესტილირებული წყლით შეავსებენ 100 სმ³-მდე. ხსნარი შეიცავს ვერცხლ-ამონიაკის ჟანგს და ვერცხლ-ამონიაკის ნიტრატს.

5. ნაპერს რეცხავენ გამოხდილ წყალში, რომელსაც იმდენჯერ უცვლიან, სანამ წყალი გამჭვირვალე არ დარჩება.

6. ნაპერი 24 საათით გადააქვთ უბრალო წყლით დამზადებულ 20% ფორმალინში, რომელსაც ერთხელ უცვლიან.

7. ნაჭერს სწრაფად აცლიან წყალს ზრდადი სიმაგრის სპირტებით (70°, 80°, 96°, 100°).

8. ქსილოლი.

9. ჩაყალიბება პარაფინში.

10. ანათლებს ათავსებენ ქსილოლში და ამ გზით პარაფინს ამოაცლიან.

11. ქსილოლიდან ანათლები გადააქვთ კლებადი სიმაგრის სპირტებში (100°, 96°, 80°, 70°).

12. გამოხდილი წყალი.

13. ოქროს ქლორიდის ხსნარი (საათის მინაზე დასხმულ დესტილირებულ წყალს უმატებენ 1% ოქროს ქლორიდის რამდენიმე წვეთს), სანამ ნაჭრები რუხი ან რუხ-იისფერი გახდებიან.

14. ფიქსაცია ჰიპოსულფიტის 5% ხსნარში (1 — 2 წუთი).

15. გულმოდგინედ გარეცხვა ჩვეულებრივ წყალში (1 —2 საათი).

16. ზრდადი სიმაგრის სპირტები (70°, 80°, 96°, 100°).

17. კარბოლ-ქსილოლი.

18. ქსილოლი (ზედმეტად დაყოვნება ქსილოლში ვნებს).

19. ჩაყალიბება ბალზამში.

შ ე დ ე გ ი: თხელ ანათლებში (5 მიკრონი) თეთრ ფონზე შავ ფერში კარგად გამოირჩევიან განგლიოზური უჯრედების ნეიროფიბრილები და პერიცელულარული სტრუქტურები; მკაფიოდ ჩანან აგრეთვე უწვრილესი ცილინდრული ღერძები.

**XXI. ბილშოვსკის მეთოდი გროხის მოდიფიკაციით** — იხმარება პერიფერული ნერვული სისტემის გამოსაკვლევად.

1. მასალის (სხვადასხვა ორგანოს ნაჭრების, კუნთების, ნაწლავის და სხვა) ფიქსაციას აწარმოებენ 12% ნეიტრალურ ფორმალინში (იხ. ფორმალინი გვ. 89) ერთი კვირიდან სამ თვემდე.

2. რეცხავენ გამოხდილ წყალში და

3. ჭრიან 20 — 100 მიკრონის სისქის ანათლებს გამყინავ მიკროტომზე.

4. დაჭრილ ანათლებს 1 — 2 წუთით ათავსებენ ისევ გამოხდილ წყალში, რომელშიაც ირეცხებოდა ნაჭერი დაჭრის წინ.

5. დესტილირებულ წყლიდან ნაჭრები მინის ჩხირით გადაქვთ აზოტმჟავა ვერცხლის 20% ხსნარში 1 — 20 წუთით. ყოველ 4 — 5 ანათლის შემდეგ იღებენ აზოტმჟავა ვერცხლის ახალ ხსნარს.

6. ანათლებს ატარებენ უბრალო წყლით დამზადებულ ფორმალინის 20% ხსნარში. ამისათვის ფორმალინს ასხამენ 4 — 5

ფინჯანში და ანათალს მორიგეობით ამოავლებენ თვითეულ მათგანში. პირველ ფინჯანში მოთავსებული ანათალი ამღვრევს სითხეს, მეორეში სითხე იმღვრევა უფრო მცირედ და ასე შემდეგ.

7. ფორმალინიდან ანათლები გადააქვთ ვერცხლ-ამონიაკის ხსნარში და ათვალიერებენ მიკროსკოპში მცირე გადიდებით.

ვ ე რ ც ხ ლ-ა მ ო ნ ი ა კ ი ს დ ა მ ზ ა დ ე ბ ა. $AgNO_3$-ის 20% ხსნარს უმატებენ 25% ამონიაკს, რაც იწვევს ვერცხლის ხსნარში ჟუჟყიან, შოკოლადისფერ ნალექის წარმოშობას. ამონიაკის ყოველი წვეთის მიმატების შემდეგ ჭურჭელს გულმოდგინედ ანჯღრევენ. ბოლოს ისეთი მომენტი დადგება, როცა ერთი წვეთი ამონიაკის მიმატების შემდეგ ნალექი მთლიანად გაიხსნება. ამ მომენტს უნდა დაჭერა. ვერცხლ-ამონიაკს ასხამენ მცირე ზომის მინის ბრტყელ-ფსკერიან ფინჯანში, უმატებენ საჭიროების მიხედვით 1 — 15 წვეთ 25% ამონიაკს და ათავსებენ მიკროსკოპის მაგიდაზე.

ვერცხლ-ამონიაკში მოთავსებული ანათლები ჯერ ყვითლდება, ლიმონის ფერს მიიღებს, შემდეგ არაერთგვაროვან ფონზე იწყებს გამოვლინებას ნერვული ბოჭკოები და ნერვული უჯრედები. ისინი თანდათანობით იღებებიან ნარინჯის, ყავის, ბოლოს—შავ ფერში.

თუ ნერვულ ელემენტებზე ადრე ან მათთან ერთდროულად იღებებიან შემაერთებელქსოვილოვანი ელემენტები, ეს ნიშნავს, რომ ვერცხლ-ამონიაკის ხსნარს მიმატებული აქვს 25% ამონიაკის მცირე რაოდენობა. შემდეგი ანათლების დამუშავების დროს უმატებენ 2 — 3 წვეთით მეტ ამონიაკს და ასე შემდეგ.

8. ვერცხლით იმპრეგნაციის შემდეგ ანათლები მინის ჩხირით გადააქვთ ამონიაკის წყალში (1 ნაწილი 25% ამონიაკი, დესტილირებული წყლის 2 ნაწილი) და სტოვებენ შიგ 10 — 15 წუთით.

9. ამონიაკის წყლიდან ანათლები გადააქვთ დესტილირებულ წყალში რამდენიმე საათით (მთელი ღამითაც), ამასთანავე წყალს რამდენჯერმე უცვლიან.

10. გავერცხვლის შემდეგ ანათლები გადააქვთ ოქროს ქლორიდში (1 : 500), სანამ ისინი არ მიიღებენ რუხ (ფოლადის) ფერს.

11. ოქროს ქლორიდიდან გაურეცხავად ანათლებს ათავსებენ 5% ჰიპოსულფიტში 5 — 10 წუთით და

12. გულმოდგინედ რეცხავენ დესტილირებულ წყალში 1 — 2 საათი (წყალს უცვლიან ხუთჯერ მაინც).

ვერცხლით იმპრეგნირებულ ანათლებს სურვილის მიხედვით დამატებით ღებავენ სხვადასხვაგვარად: ჰემატოქსილინით, ეან-გიზონით და სხვა.

13. ზრდადი სიმაგრის სპირტები (70°, 80°, 96°, 100°).

14. ქსილოლი.

15. ჩაყალიბება ბალზამში.

XXII. **ბილშოვსკი-გროსხ მეთოდი კამპოხის მოდიფიკაციით.**

1. ფიქსაცია 10% ნეიტრალურ ფორმალინში—რამდენიმე დღე.

2. გარეცხვა ჩვეულებრივ მიმდინარე წყალში 1 — 2 საათი.

3. გარეცხვა დესტილირებულ წყალში 6 — 12 საათი.

4. 30 — 60 მიკრონის სისქის ანათლების დაჭრა გამყინავ მიკროტომზე.

5. ანათლების მოთავსება 20% $AgNo_3$-ის ხსნარში 5 — 10 საათით, თავდახურულ ჭურჭელში და სიბნელეში.

6. ანათლების დისტილირებულ წყალში გავლება სწრაფად 2 — 3 წამი.

7. გატარება 1% ფორმალინის 3 ულუფაში (ყველა ულუფაში 2 — 3 წუთი).

8. ვერცხლ-ამონიაკის ხსნარში მოთავსება (ორი წუთი), თავდახურულ ჭურჭელში (ვერცხლ-ამონიაკის დამზადება იხ. წინა პარაგრაფში).

9. გადატანა 10 — 15 მლ. 0,5% ფორმალინის ხსნარში და მინის ჩხირით ხსნარის შენჯღრევა, სანამ ანათლები არ მიიღებენ ღია ყავისფერს ან ყვითელ ელფერს. თუ ასეთი ფერის მიღება $^1/_2$ წუთზე მეტი დაგვიანდა, მაშინ ანათლებს ატარებენ ფორმალინის 1% ხსნარში ერთჯერ ან ორჯერ და თუ საჭირო დარჩა 2% ხსნარშიაც მესამეჯერ, სანამ ანათლები სასურველ ფერს მიიღებენ.

10. ანათლებს გარეცხვა ჩვეულებრივ მიმდინარე წყალში 30 წუთი.

11. ანათლებს რეცხავენ დესტილირებულ წყალში.

12. ანათლებს ამუშავებენ ოქროს ქლორიდით (იხ. წინა პარაგრაფი).

13. ფიქსაციას ახდენენ ჰიპოსულფიტის 5% ხსნარით 1 — 2 წუთი.

14. ანათლებს რეცხავენ დესტილირებულ წყალში.

15. ანათლებს ატარებენ ზრდადი სიმაგრის სპირტებში.

16. ქსილოლი.

17. ჩაყალიბება კანადის ბალზამში.

**XXIII. ბილშოვსკი—გროს-კამპოხის მეთოდი შუბინის დამატებით.** 1. მასალის ფიქსაცია 12% ნეიტრალურ ფორმალინში არა ნაკლებ ორი კვირისა.

2. ფიქსირებული ნაჭერის გარეცხვა ჩვეულებრივ მიმდინარე წყალში 3 — 5 წუთი.

3. ანათლების დამზადება გამყინავ მიკროტომზე.

4. ანათლების გარეცხვა ჩვეულებრივ წყალში 1 საათი.

5. ანათლების გარეცხვა დესტილირებულ წყალში, რომელსაც რამდენჯერმე უცვლიან (1 — 5 საათი).

შემდეგ წინა პარაგრაფის მიხედვით დაწყებული მეოთხე პუნქტიდან (მეოთხე პუნქტი აზოტმჟავა ვერცხლის 20% ხსნარში გადატანა).

**XXIV. ნერვული ქსოვილის ტყვიის მარილებით იმპრეგნაციის მეთოდი.** ამ მეთოდს ორი ვარიანტი აქვს, პირველი ვარიანტი:

1) ფიქსაცია აცეტონში ან ნეიტრალურ ფორმალინში 1 — 4 ან უფრო ხშირად 3 — 4 დღე.

2) გარეცხვა დესტილირებულ წყალში.

3) 5 — 6 დღე (t° — 37°-ზე) მოთავსება შემდეგ ხსნარში: ა. 10,5 მლ აცეტატური ბუფერი (ბუფერული ხსნარი: 6% ძმარმჟავა — 50 მლ + 13,6% ძმარმჟავა ნატრიუმი — 100 მლ; ბუფერულ ხსნარს უნდა ჰქონდეს pH — 4,7 — 5,0).

ბ. 3% სუფთა აზოტმჟავა ტყვიის ხსნარი 10 მლ.

გ. დესტილირებული წყალი 80 მლ.

4. ანათლების გარეცხვა დესტილირებულ წყალში 15 — 20 წუთი.

5) ანათლების მოთავსება 0,1 — 0,5% გოგირდმჟავა ნატრიუმში (ანათლები სწრაფად შავდებიან).

ამ ვარიანტით კარგად მეღავნდებიან დოგელის მეორე ტიპის უჯრედები და ყველა ნერვული ბოჭკოები.

სხვადასხვა ნერვულ უჯრედების იმპოეგნაციის უფრო სრულ სურათს იძლევა მეორე ვარიანტი:

1) ფიქსაცია აცეტონში ან ნეიტრალურ ფორმალინში 1 — 4 ან 3 — 4 დღე.

2) გარეცხვა დესტილირებულ წყალში.

3) ბოთავსება 5,0 — 10,5 მლ აცეტატურ ბუფერში (იხ. პირველი ვარიანტი).

4) გათბობა 60°-ზე 5 წუთის განმავლობაში ან მოთავსება სისხლის წითელი მარილის 5 — 10% ხსნარში 15 — 20 წუთით.

7) ანათლების გადატანა შემდეგ ხსნარში: აცეტატური ბუფერი 10 მლ + 3% აზოტმჟავა ტყვიის ხსნარი — 10 მლ + 2% ნატრიუმის გლიცერო-ფოსფიტი — 10 მლ. (შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ფოსფორის სხვა ორგანული შენაერთი) + დესტილირებული წყალი — 70 მლ. 6 — 8 საათი.

8) ანათლების გარეცხვა წყალში.

9) ანათლების გადატანა 0,1 — 0,5% გოგირდმჟავა ნატრიუმის ან ამონიუმის ხსნარში.

10) ყალიბდება კანადის ბალზამში.

ვერცხლით იმპრეგნაციის წინაშე ტყვიის მარილებით იმპრეგნაციას შემდეგი უპირატესობა აქვს:

1. საჭირო არ არის დეფიციტური აზოტმჟავა ვერცხლის გამოყენება.

2. ეს მეთოდი ყოველთვის იძლევა კარგ შედეგს.

3. იმპრეგნაცია თანაბრად მიმდინარეობს ანათალის ყველა ნაწილში, რასაც ადგილი არა აქვს ვერცხლით მუშაობის დროს, ამიტომ ამ მეთოდის გამოყენებისას შეიძლება ყოველგვარი სიდიდის ნაჭერი იქნეს იმპრეგნირებული, მაგ., ნაწლავის მთელი ხვეულის კუნთოვანი გარსი, ჯორჯლის დიდი ნაჭრები და ასე შემდეგ.

4. იმპრეგნაცია არ მოითხოვს კონტროლს მიკროსკოპში, მაშასადამე, ამ მეთოდით შეიძლება ერთდროულად დამუშავდეს ანათლების დიდი რაოდენობა.

5. მეთოდის მეორე მოდიფიკაციით ერთდროულად გამოვლინდება სხვადასხვა ტიპის უჯრედები, მაგ., კატის ნაწლავის აუერბახის წნულში ერთდროულად გამოვლინდება დოგელის პირველი და მეორე ტიპის უჯრედები, მაშინ, როდესაც ვერცხლით იმპრეგნაციის დროს კატის ნაწლავში გამოვლინდება მხოლოდ დოგელის მეორე ტიპის უჯრედები.

6. ტყვიით იმპრეგნაცია შეიძლება გამოყენებულ იქნას აგრეთვე ჰისტოქიმიური მეთოდის სახით ქსოვილოვან ორთოფოსფატების გამოსავლინებლად. ეს მეთოდი კიდევ საჭიროებს დამუშავებას.

---

## ცხრილი ალკოჰოლის განსაზავებლად

| გაზავებული ალკოჰოლის სიმაგრე | გასაზავებელი ალკოჰოლის სიმაგრე | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 95° | 90° | 85° | 80° | 75° | 70° | 65° | 60° | 55° | 50° | 45° | 40° | 35° |
| 90° | 6,41 | | | | | | | | | | | | |
| 85° | 13,33 | 6,56 | | | | | | | | | | | |
| 80° | 20,95 | 13,79 | 6,83 | | | | | | | | | | |
| 75° | 29,52 | 21,89 | 14,48 | 7,20 | | | | | | | | | |
| 70° | 39,18 | 31,05 | 23,14 | 15,35 | 7,64 | | | | | | | | |
| 65° | 50,22 | 41,53 | 33,03 | 24,66 | 16,37 | 8,15 | | | | | | | |
| 60° | 63,00 | 53,65 | 44,48 | 35,44 | 26,47 | 17,58 | 8,76 | | | | | | |
| 55° | 77,99 | 67,87 | 57,90 | 48,07 | 38,32 | 28,63 | 19,02 | 9,47 | | | | | |
| 50° | 95,89 | 84,71 | 73,90 | 63,04 | 52,43 | 41,73 | 31,25 | 20,47 | 10,35 | | | | |
| 45° | 117,57 | 105,34 | 93,30 | 81,38 | 69,54 | 57,78 | 46,09 | 34,46 | 22,90 | 11,41 | | | |
| 40° | 144,46 | 130,80 | 117,34 | 104,01 | 90,76 | 77,58 | 64,48 | 51,43 | 38,46 | 25,55 | 11,7 | | |
| 35° | 178,71 | 163,28 | 148,01 | 132,88 | 117,82 | 102,84 | 87,93 | 73,08 | 53,31 | 43,59 | 27,6 | 14,4 | |
| 30° | 224,08 | 208,22 | 188,57 | 171,1 | 153,61 | 136,04 | 118,94 | 101,71 | 184,54 | 67,45 | 50,6 | 33,4 | 17,8 |

ამ ტაბულით სარგებლობის დროს გასაზავებელი ალკოჰოლის ყოველ 100 სმ³ უმატებენ წყლის იმდენ რაოდენობას, რაც ნაჩვენებია გასაზავებელი და გაზავებული სპირტების მწკრივების ჯვარედინზე. მაგ., თუ სურთ 90° ალკოჰოლიდან 70° ალკოჰოლის მიღება, ამისათვის 100 სმ³ 90° ალკოჰოლს უმატებენ 31,05 სმ³ გამოხდილ წყალს. ეს ციფრი (31,05) ცხრილში სქელი ხაზებით არის გამოყოფილი.

# საგნობრივი საძიებელი

## ა


აბერაცია—18, 21, 22
» —სფერული—3, 18, 20, 22, 23
» —ქრომატული—3, 18, 20, 22, 23
» —შემცირება—32
აბეს აპარატი—29
» თეორია—46
აბსოლუტური სპირტი—მომზადება—92
» » —ნარევი ეთერთან—108
აგზნება ნაწილაკების—39
აგრეგატული მდგომარეობა—85
ადექტიური შეღებვა—120
აზანით შეღებვა—133
აზიმუტიანი დიაფრაგმა—44
აზოკარმინის ხსნარი—133
აზოტმჟავა ვერცხლი—116, 127, 136, 142, 144
» » —იმპრეგნაცია—127
აზოტმჟავა ტყვია—146
აზურ-ეოზინი—117
» » —შეღებვა—132
ალტმანის მჟავე ფუქსინი—128
ამიკრონები—2
ამობურცული გამოხატულება—7
ამონიაკი—141
ამონიაკის წყალი—143
ამპლიტუდა—განმარტება—47
ამპლიტუდური ობიექტი—47
ამპლიტუდური მესერის სპექტრი—47
» —პრეპარატი—47
ამრეკლავი პრიზმა—52
ანასტიგმატური ლუპა—3
ანგსტრემი—39, 40, 41, 50
ანათლები—პარაფინის—97
ანათლები—განთავისუფლება პარაფინიდან—107
—დამზადება—92
—დაწებება სასაგნე მინაზე—105
—დაწებება რუბაშკინის მეთოდით—107
ანილინი—118
ანილინის ზეთი—134
» —ლურჯი—133
ანილინური საღებავები—123
აპარატი სახატავი—60, 61, 62
აპერტომეტრი—27
აპერტურა რიცხვითი—2, 23, 25 26, 33
აპლანატი—22
აპლანატური კონდენსორი—33
აპოქრომატი—5, 6, 7, 13, 23
» —აბსოლუტური—8
აპოქრომატული ობიექტივი — კორეგირება ფერების მიმართ—5
აურანცია—124, 128
აქრომატი—5, 7, 23
» —ფერების კორექცია—7
აქრომატული ობიექტივი — კორეგირება ფერების მიმართ—5
აცეტატური ბუფერი—145 146
აკეტონი—145
Ammonium causticum triplex—136
Aurum chlorutum—136
Aurum hidricum purissimum e nitro—141


## ბ


ბადებრივი აპარატი — გამოვლინება—129

ბაზოფილური საღებავები—123
„ —სუბსტანციის შეღებვა—138
ბაიცე—120
ბაიცური შეღებვა—120
ბალზამი კანადის—8
ბარიტის წყალი—114
ბემერის ჰემატოქსილინი—136
ბენზოლი – 94, 138
„ —ობიექტის გაჟღენთვა—117
ბესტის კარმინი—გლიკოგენის შეღებვა—130
ბილშოვსკის მეთოდი — იმპრეგნაცია მთლიანი ნაპრების—141
ბილშოვსკის მეთოდი—გროსის მოდიფიკაცია—142
ბილშოვსკი—გროსის მეთოდი—კამპოსის მოდიფიკაცია—144
ბილშოვსკი—გროს—კამპოსის მეთოდი—შუბინის დამატება—145
ბინოკულარული მიკროსკოპი—13, 14
ბიოლოგიური მიკროსკოპი — МБИ—2 —1, 30
ბიოლუმინესცენცია—39
ბლოკი პარაფინის—97, 100
ბნელი ველის კონდენსორი--43
ბუნებრივი და ხელოვნური საღებავები—117, 121, 122
ბუფერი აცეტატური—145, 146

## გ

გადიდების ზღვარი—მიკროსკოპის—2, 30, 32
გადიდება მიკროსკოპის—61
„ „ —უდიდესი—18
„ „ ცარიელი „ —26
გაზომვა მიკროსკოპული პრეპარატის—57
გამადიდებლობა—31
გამაშუქებელი აპარატი—29
„ — ნაწილი მიკროსკოპის—2, 30, 32
გამოკვლევა სუპრავიტალური—80
გამოსახულება—ამობურცული—7
გამოსახულება—კონტრასტული—25
„ —მსგავსება ობიექტთან—25
—ნაკლებად კონტრასტული—25
„ —რეპროდუქცია—23
„ —ტლანქი—25
„ —შეფერადება—22
„ —ქრომოსკოპული—52
გამყინავი მიკროტომი—108, 109
„ „ —ს —დანა—109
განაყინი ანათლები—დამზადება—108
„ „ —შეღებვა—118
განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოები—იზოლაცია—114
განცალკევებული ანათლები—შეღებვა—118
გარსი სოლვატური—85
გარჩევის უნარი—მაქსიმუმი—20
„ „ — მიკროსკოპის — 2, 20, 25, 26, 27
გაშუქება გვერდითი—28, 29, 56
„ —პირდაპირი—28
გაშუქება ულტრაიისფერი სხივებით—46
გაწმენდა მიკროსკოპის—36
გვერდითი გაშუქება — 27, 28, 29, 56
გვერდითი გაშუქების ილუმინატორი—54
გვერდითი გაშუქება—მაქსიმუმი—28
გლიკოგენი—შეღებვა—122
„ „ —ბესტის კარმინით—130
გლიცერინი—42, 116
გლიცეროფოსფატი—ნატრიუმის—146
გოლჯის მეორე ტიპის უჯრედი—45
„ სწრაფი მეთოდი—ნეირონების იმპრეგნაცია—139, 140
გრძელტალღიანი სხივები—41
გუმი—არაბიკუმი—140

## დ

დადებითი ლინზა—4, 14, 18
„ მენისკო—4
„დაკიდული წვეთი"—76

დამჭერი პრეპარატის—29
დამხმარე მიკროსკოპი—МИР—4--50
დესტილირებული წყლის იმერსია—9
დიაფრაგმა—11, 32, 45
„ —აზიმუტიანი—44
„ —ბრტყელი—33
„ —ელექტრონათურის—60
„ —ირისული—33, 48
„ —ნაპრალისებრი—49
„ —რგოლისებრი—48
„ —რევოლველური—33
„ —ცილინდრული—33
„ —ხედვის ველი—11
დიაფრაგმის სიბრტყე—12
„ —ხვრელი—15
დიფერენცირება პრეპარატის—120
„ რკინის შაბით—126
დიფრაქცია—23, 43, 46
დიფრაქციული მესერი—23, 24
„ „ — გამოსახულება—24
მოვლენები მიკროსკოპში—23
—თეორია—25, 28
—სპექტრი—24, 25, 26


## ე


ეკრანი—გამჭვირვალე—44
—ემალის თეთრი—45
„ —მაფლუორესცირებელი—52
ელასტიკური ბოჭკოები—42
„ „ —იზოლაცია—114
„ „ —შეღებვა—114
137
ელექტივური შეღებვა—120, 121
ელექტროლუმინესცენცია—39
ელექტრონათურა—30
ელექტრონათ. მიკროსკ.—ОИ—7—60
ელექტრონათურის დიაფრაგმა—60
„ —კონდენსორი—60
„ —მასრა—30
„ —შტატივი—60
ელექტრონები—68, 69
ელექტრონების გავლა ობიექტში—73
—სიჩქარე—70
ელექტრონული მიკროსკოპი—ავტოელექტრული—69
ელექტრონული მიკროსკოპი—ამრეკლავი—69
ელექტრონული მიკროსკოპი—ანოდური დიაფრაგმა—70
ელექტრონული მიკროსკოპი — ანათლების დასამზადებელი სპეციალური მიკროტომი—73
ელექტრონული მიკროსკოპი—გარჩევის უნარი—68
ელექტრონული მიკროსკოპი—გამოსახულების მიღების პრინციპი—73
ელექტრონული მიკროსკოპი—გამოსაკვლევი ობიექტი—71
ელექტრონული მიკროსკოპი—გამჭვალავი—69
ელექტრონული მიკროსკოპი—გამოკვლევის მეთოდიკა—73
ელექტრონული მიკროსკოპი—გამოსაკვლევი ობიექტის სისქე—73
ელექტრონული მიკროსკოპი — ეკრანი—70
ელექტრონული მიკროსკოპი—ელექტროსტატიკური—69
ელექტრონული მიკროსკოპი—ემისიური—69
ელექტრონული მიკროსკოპი — ექსპლოატაცია—69
ელექტრონული მიკროსკოპი — ვაკუუმის მნიშვნელობა—73
ელექტრონული მიკროსკოპი—ვაკუუმის გადასართავი—70
ელექტრონული მიკროსკოპი—კატოდი—70
ელექტრონული მიკროსკოპი — კოდი ფოტოფირფიტების გამოსაცვლელად—70
კოდი ობიექტის გამოსაცვლელად—70
ელექტრონული მიკროსკოპი—კომბინირებული—69
ელექტრონული მიკროსკოპი — კონდენსორის ლინზა—70, 71
ელექტრონული მიკროსკოპი — კოჭი—71

ელექტრონული მიკროსკოპი — კოჰის ჰვრიტე—71
ელექტრონული მიკროსკოპი — ფოჰის საპოლუსო ბუნიკები—71
ელექტრონული მიკროსკოპი—ლინზები—68, 70
ელექტრონული მიკროსკოპი — მაგნიტური—69
ელექტრონული მიკროსკოპი — მაგნიტური გამჭვალავი ტიპის—70
ელექტრონული მიკროსკოპი — მაგნიტური ველის მოქმედება—71
ელექტრონული მიკროსკოპი — მაკეტი—69
ელექტრონული მიკროსკოპი — მოქმედების პრინციპი—70
ელექტრონული მიკროსკოპი—მოწყობილობა—70
ელექტრონული მიკროსკოპი—ობიექტივის ლინზა—70, 71
ელექტრონული მიკროსკოპი — ოპტიკური სქემა—72
ელექტრონული მიკროსკოპი—რასტრ-მიკროსკოპი—69
ელექტრონული მიკროსკოპი—საპროექციო ლინზა—70, 71
ელექტრონული მიკროსკოპი — საგნის პირველადი გამოსახულება—71
ელექტრონული მიკროსკოპი — საგნის მეორადი გამოსახულება—71
ელექტრონული მიკროსკოპი—სარკმელი ზემო—70
ელექტრონული მიკროსკოპი—სარკმელი ქვემო—70
ელექტრონული მიკროსკოპი — სასარგებლო გადიდება—69
ელექტრონული მიკროსკოპი—საშუალო გამადიდებლობის—69
ელექტრონული მიკროსკოპი — ფოტოკამერა—70
ელექტრონული მიკროსკოპი — ქვემეხი—70
ელექტრონული მიკროსკოპი — ხრდილის მომცემი—69
ელექტრონული მიკროსკოპის—სინათლის მიკროსკოპი—70
ელექტრონული ოპტიკა—68
„ ტალღა—68, 69
„ ძაბვა—70
ელექტრონული მიკროსკოპის ტალღა—აჩქარება—70
ელექტრონული მიკროსკოპის ტალღის—სიგრძე—70
ელექტრორკალი—40, 41
ემბრიონის ექსტრაქტი — დამზადება—78
ემულსია—85
ეოზინი—42, 114, 124
ეოზინის ხსნარი—დამზადება—125
ეოზინი—შელებვა—125
ეპიდერმისის გარქოვანებული შრე—42
ერთდროული შეღებვა—120
ერთი ლინზით გადიდების ხლვარი—18
ერთი ლინზის გამადიდებლობა—18
ექსპლანტატი—76
ექსიკატორი—104

## ვ

ვაზელინის ზეთი ნეიტრალური—102
ვან-გიზონის მეთოდი—134, 143
ვერტიკალური ილუმინატორი—54
„ სვეტი—მიკროსკოპის—29
ვერცხლამონიაკი—136, 141, 144
ვერცხლამონიაკის ხსნარის დამზადება—143
ვიზუალური დაკვირვება—52
ვუდის ფილტრი—41

## ზ

ზეთი კედარის—27
ზიდენტოპფის და ჟიგმონდის ულტრამიკროსკოპი—42

## თ

თანამიმდევრული შეღებვა—120
თეორია აბეს—46

ეფორია დიფრაქციული—25, 28
სინათლის გავოცელების — ტალღისებრი—46
შეღებვის—ელექტროკოლოიდური—118
შეღებვის — ფიზიკა - ქიმიური—118
„ შეღებვის—ქიმიური—118
თვალის ლინზა—10, 15, 16
ლინზის მიერ მოცემული გამოსახულების სიბრტყე—16
თვალის წინა კამერა—ტრანსპლანტატი—76
თვალის კუთხე—20
თვალის ლინზა—ფოკუსი—12
თიონინი—124
—შეღებვა—121

ი

იაპონური ტუშის ჩხირი—65
იენის მინის ჭურჭელი—132
იზოლაცია—80
„ —განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოების—114
—გლუვ კუნთოვანი ბოჭკოების—114
— ელასტიკური ბოჭკოეგის—114
— ეპითელური უჯრედების—113
—კუნთოვანი ბოჭკოების—114
—ნერვული ბოჭკოების—115
—შემაერთებელი ქსოვილოვანი ელემენტების—114
ილუმინატორი—54, 56, 60
-- გვერდითი გაშუქების—54
„ —ვერტიკალური—54
იმერსია დესტილირებული წყლის—9
კედარის ზეთის—9
მონობრომნაფტალინის—9
—წყალგლიცერინის—9
—ჰომოგენური—9, 27
იმერსია—სითხე—34
„ —სისტემა წყლის—27
„ —სხივების გავლა—8
იმერსიული ობიექტივი—27
„ „ პლანქტონური—9
იმპრეგნაცია—121
„ — მთლიანი ნაჭრების, ბილშოვსკის მეთოდით—141
იმპრეგნაცია—გოლჯის სწრაფი მეთოდით—139, 140
იმპრეგნაცია — ნერვული ქსოვილის, ტყვიის მარილით, პირველი ვარიანტი—145
იმპრეგნაცია — ნერვული ქსოვილის ტყვიის მარილით, მეორე ვარიანტი—145
იმპრეგნაცია—უჯრედის საზღვრების, ოზოტმეავა ვერცხლით—127
იმპრეგნაცია—ფუტის მეთოდი—136
ინდიგო—121. 122, 123
„ —ინდიგო—კარმინი—123, 124
ინდიფერენტული საღებავები — 123, 124
ინექცია—ლუმინესცენტური საღებავის—82
ინექცია—საფიქსაციო სითხის—86
ინექცია—ტრიპაფლავინის—83
ინკუბირებული კვერცხის ჩანასახი—78
ინტერფერენცია 23, 25, 46
ინტერფერენციული მიკროსკოპი—49
ინტერფერენციული მიკროსკოპი — სპეციალური ჩამოსაცმელით—49
ინტერფერენციული მიკროსკოპი — კომპესატორი—50
ინტერფერენციული ფირფიტა—49
იოდიზაცია—90, 113
ირისული დიაფრაგმა—33, 34, 48

კ

კალანკის ყალამი—65
კალიუმის შაბი—135

კალიუმის ტუტე— 114
„ პერმანგანატი—135
კამპეშის ხე—122
კანადის ბალსამი—8
კანონი სტოქსის—40
კარაჩის ჰემატოქსილინი—132
„ „ —შეღებვა—135
კარდიოიდ კონდენსორი—43
კარბოლქსილოლი—142
კარელის ფინჯანში ქსოვილის კულ-
ტურა—76
კარმინი—115, 121, 122
„ —შაბის—128
კარმინით შეღებვა—127
კარმინის მეავა—122
კარნუას საფიქსაციო სითხე—138
კატოდ ლუმინესცენცია—39
კედარის ზეთი—26, 27
კვარცის ნათურა სინდიყიანი—PK—40
კვარცფლუორიტის ოპტიკა—52
კიულის მეთოდი—128
კლასიფიკაცია საღებავების—121
კოლექტივი—10, 15
კოლექტორი—კვანცის—41
კოლოიდი ლიოფილური—85
„ —ლიოფობური—85
კოლოიდური სისტემა—დალექვა—85
„ —კოაგულაცია—
85
„ —ფაზების ურთი-
ერთ გამოყოფა—85
კოლოიდური—ხსნარი—85
კომპენსატორი — ინტერფერენციული
მიკროსკოპის—50
კომპენსაციური ოკულარი — 7, 12,
13, 60
კონდენსორი—32, 33, 34, 41, 44
„ —აპერტურა—33, 34
—აპლანატური—33
—ბნელი ველის—43
—გამოსაცვლელი—43, 44
—ელექტრონათურის—60
—კარდიოიდ კონდენსო-
რი—43
კონდენსორი—პარაბოლოიდ კონდენ-
სორი—43
—პარაბოლოიდური—45
—რგოლისებრი—55
— ფაზურ - კონტრასტუ-
ლი—48
—ფაზურ - კონტრასტული
მიკროსკოპის—50
„ —ქრომოსკოპის—52, 53
„ —ჩამოსაცმელი—49
კონგო წითელი—42
კონტაქტური მეთოდი—გაზომვის—57
კონტრასტული გამოსახულება—25
კოპშის მეთოდი — კოლაჩევის მოდი-
ფიკაცია—129
კორეგირებული ლუპა—3
კორექცია საფარი მინის—31
„ ფერების მიმართ—22
კოშინელი—122
კრონგლასი—6
კრემალიერა—30
კულტურა in vitro—76
კუნთოვანი ბოჭკოების იზოლა-
ცია—114
კურამინი—42


## ლ


ლევულოზა—139
ლინზა—2, 3, 4, 15, 18, 19, 21, 22
—განმარტება—4
—დადებითი—4, 10, 14, 18
—თვალის 10, 11, 12, 15, 16
„ —მოკლე ფოკუსის მქონე—18
—ობიექტივის—25
—ოკულარის ჩაზნექილი—15, 21
—საკორექციო—5, 14
—სიმრუდე—17, 20
„ —უარყოფითი—4
„ —ფოკუსური მანძილი—18
„ —ფრონტალური — 5, 8, 9,
19, 26
„ —შემკრები—10, 11, 12, 14

ლინზები—დამზადება—20
„ —ელექტრონული მიკროსკოპის—68
„ —ცენტრირება—5
ლიოფილური კოლოიდი—85
ლიოფობური კოლოიდი—85
ლიოფობური კოლოიდი — სტაბილობა—85
ლორწოს შეღებვა—122
„ „ —მუცი კარმინით—129
ლუმინესცენცია—39
„ —გარდამქმნელი—52
ლუმინესცენტური მიკროსკოპი—39, 41
ლუგოლის ხსნარი—90
ლუპა—1, 2, 16, 18
„ —ანასტიგმატური—3
„ —აპლანატური—3
„ —ბინოკულარული—3
„ —გამადიდებლობა—17
„ —კორეგირებული—3
„ —ნაწილები—3
„ —სათვალეების მსგავსი—3
„ —სტერეოსკოპული ბინოკულარული—14
„ —სხივების სვლა—3
Liquor ferri sesquchlorati—

ვ

მაგიდა მიკროსკოპის—29, 31
მაგნიტური ველი—68
მაკრომეტრული ხრახნი—30, 32
მარილმჟავა სპირტი—დამზადება—125
მაფლუორესცირებელი ეკრანი—52
მაქსიმოვის საფიქსაციო სითხე—132
მეთილბენზოატი — ობიექტის გაჟღენთვა—95
მეთილის სპირტი—116
მეთილენის ლილა—42, 124
„ ლურჯი—138
მეთოდი ნიშანდებული ატომების გამოკვლევისა—132
მეთოდი ფაზური კონტრასტების—47
მეთოდი ფერადი ტრანსფორმაციის—52
მენისკო დადებითი—4
მეორადი გამოსახულება—23
მესერი დიფრაქციული—23, 24
მეტაქრომაზული შეღებვა—121
მიელინური გარსი—143
მიელინური ნერვული ბოჭკო—შეღებვა—ოსმიუმის მჟავით—139
მიკროდაწვის მეთოდი—132
მიკრომანიპულატორი—37
„ —დანიშნულება—37
ინსტრუმენტები—37
„ —ხრახნები—37
მიკრომეტრია—57, 61
მიკრომეტრული ხრახნი—29, 30, 32
მიკრონები—2
მიკრორადიოგრაფია—132
მიკროსკოპი—1, 14
„ —ბინოკულარული—13, 14
„ —ბიოლოგიური—МБИ—2
—29, 32
გამადიდებლობა—17, 18, 23, 31 61
—გამადიდებლობა—განსაზღვრა—63
—გამადიდებლობა—ფორმულა—18
— გამოსასვლელი ხვრელი—16
— გამაშუქებელი სისტემა—32
—გარჩევის უნარი—ზღვარი—27
—გარჩევის უნარი—ფორმულა—27, 29
—გარჩევის უნარი—8, 17, 23, 26, 50
—გაწმენდა—36
—დამხმარე—47, 48. 50
—დგამი—29
—დიფრაქციული მოვლენები—23
—ელექტრონათურა—ОИ—7, 60

მიკროსკოპი—ელექტრონული—2, 68
„ —ვერტიკალური სვეტი—29, 31
—ინტერფერენციული—49
—ლუმინესცენტური—39, 41
—მაგიდა—29, 31
—მარტივი—1, 18
—მოვლა—36
—მექანიკური ნაწილი—2, 29, 32
—ნათელი ველი—44
—მონოკულარული—14
— ნომინალური გადიდება—19
—მონოკულარული — სქემა—14
—ოპტიკური—2, 4, 72
—რთული—1, 31
— სასარგებლო გადიდება—19, 20
—სასარგებლო გადიდება—გეომეტრიული სიზუსტე—20
—სპეციალური ჩამოსაცმელი—49
—სახსარი—29
—სხივების სვლა—15
—სხივების შეერთების გეომეტრიული სიზუსტე—17, 22
—ულტრაიისფერი—50, 51
„ —МУФ—50
— ფაზურ - კონტრასტული—46
— ფლუორესცენტული — 39, 41
— ფრონტალური ლინზა—27
—ხარისხი—2
—ხარისხის განსახღვრა—17
—МА—29
—МБИ—2—1, 30
მიკროსკოპია — ფაზურ - კონტრასტული—49
მიკროსკოპული პრეპარატის გახმოვა—57
მიკროტომი გამყინავი—108, 10
„ — დანა — პირის აწყობა—102
—დანების ნუმერაცია—101
— დანის დახრილობა — 100, 101
„ —მოვლა—102
„ —რონებიანი—98
მიკროტომის—დანის გასალესი ქვა—101
მიკროფოტოგრაფია—2. 6
მინა ახალი—5
„ ბორნარევი—6
„ მკვრივი—21
„ მქრქალი—15
„ სასაგნე—45
„ საფარი—27, 31, 41, 45
ქიმიური—შეფერადება—22
„ ტყვიანარევი—5. 21
„ ფოსფორნარევი—6
მინერალური ზეთი—42
მინის ჭურჭელი იენის—132
მიტოქონდრიების შეღებვა—128
მიულერის საფიქსაციო სითხე—108
მიცელები—45
მიხაკის ზეთი—108
მკვრივი მინა—21
მონობრომნაფტალინი—27
მჟავე ფუქსინი—124
„ „ —ალტმანის—128
მჟაუნმჟავა—136.
მუციკარმინი — ლორწოს შეღებვა—129
მუცლის კედელში სარკმელი—76
მქრქალი მინა—15
მშრალი ობიექტივი—8
„ —სხივების სვლა—10
„ სისტემა—სხივების სვლა—9
მცირე აპერტურიანი ობიექტივი—25

ჰეტერეული წარმოშობის საღებავები—121

## ნ

ნათურა სინდიკის—СВДШ—250—3—51
ნამდვილი გამოსახულების ფორმირების სიბრტყე—18
ნაპრალისებრი დიაფრაგმა—49
ნატრიუმის გლიცეროფოსფატი—46
ნაცხები—დამზადება—116
ნაწილაკების აგზნება—39
ნახევრად ანოკრომატი—ობიექტივი—7
ნახშირორჟანგი—108
„ —ბალონი—110
ნეიტრალური წითელი—42
ნერვული ბოჭკოები—43
„ „ —იზოლაცია—115
ქსოვილი—ტყვიის მარილების იმპრეგნაციის მეთოდი—145
ნეირონების იმპრეგნაცია გოლჯის სწრაფი მეთოდით—139
ნეიტრალური საღებავები—123
„ ფორმალინი—142, 145
ნისლის მარცვლები—შელებვა—138
ნიშანდებული ატომები—გამოკვლევის მეთოდი—132
ნორმალური ხედვის მანძილი—16, 22
ნულებრივი მაქსიმუმი—28, 48

## ო

ობიექტი არაგამჭვირვალე—54
„ ნახევრად გამჭვირვალე—54
ობიექტიდან წყლის ამორთმევა—93
ობიექტივი—1. 4, 13, 29, 31, 41
„ —ათლინზიანი—21
„ —ანოკრომატული—7
„ —ლურჯი ფერის სიკარბე—13
—აქრომატი — კორეგირება ფერების მიმართ—5
—გადიდება—5
—გამადიდებლობა—18
—გამადიდებლობის ფორმულა—18
ობიექტივი—გარჩევის უნარი—25
„ —დამჭერი ხამბარა
„ —დიაფრაგმა—შესასვლელი ხვრელი—16
—ფოკუსის სიბრტყე—16
—იმერსიული—8, 19, 27
—ლინზა—25
—მთავარი სიბრტყე — 16, 24
—მშრალი—8
—ნუმერაცია—10, 12
—მცირე აპერტურიანი—25
—სამუშაო მანძილი—9
—სარკე ლინზიანი—7, 51
—უკანა ფოკუსის სიბრტყე—16
—ფახური—ხმარება—48
—ფოკუსური მანძილი—18, 23
—ფოკუსური სიბრტყე—24, 25, 47
„ —ძლიერი—4, 5, 19
„ —წინა ფოკუსი—16
ობიექტმიკრომეტრი—57, 60
„ —სკალის დანაყოფი—57, 58, 59
ობიექტის გაჟღენთვა—ბენზოლით—94
—მეთილბენზოატით—95
—ტოლუოლით—94
—ქლოროფორმით—95
—ქსილოლით—94
—შუამდებარე სითხით—94
გაყინვა—108
დაშლა ელექტრონების შთანთქმის შედეგად—73
მიკროსკოპული გამოკვლევა ცოცხალ მდგომარეობაში—74

ობიექტის მიკროსკოპული გამოკვლევა—in situ—74
„ სიბრტყე—16
ოკულარი—1, 4, 10, 13, 14, 29, 41, 48
„ —გამადიდებლობა—8
„ —დიაფრაგმა—15
„ —დიაფრაგმის სიბრტყე—25
„ —დიაფრაგმის ხვრელი—12
„ —დიდი გადიდების—12
„ —კომპესაციური—7, 12, 60
„ —მარტივი—11
„ —ორტოსკოპული—13
„ —პროექციული—13
„ —რამსდენის—10, 11, 12
„ —სტერეოსკოპული—13, 14
„ —სუსტი გადიდების—12, 31
„ —უკანა ფოკუსი—17
„ —ფოკუსური მანძილი—19
„ —ძლიერი—19
„ —წითელი ფერის გამოვლინება—13
—წინა ფოკუსი—17
— „ ფოკუსის სიბრტყე—15, 16
„ —ჰიუგენსის—7, 10, 11, 12
ოკულარის გამადიდებლობის ფორმულა—18
ოკულარმიკრომეტრი—57, 58, 60
ოკულარმიკრომეტრის ბადე—58
„ —დანაყოფები—58
„ —დანაყოფების გამოანგარიშება—60
ოპაკილუმინატორი—54, 55, 56
ოპაკილუმინატორის პრიზმა—54
ოპტიკური—დიფერენციერება—ცოცხალი პროტოპლაზმის—86
„ —ინტერვალი—16
„ —სიმკვრივე—46
„ —ღერძი—4, 20
ორანჟი—124, 133
ორგანოების ნაწილების იზოლაცია—80
ორნაბშირმჟავა ნატრიუმი—30
ორტის საფიქსაციო სითხე—108
ორტოსკოპული ოკულარი—12
ორქრომმჟავა კალიუმი—139
ოსმიუმის მჟავა—121, 129
ოქროს ქლორიდი—121, 136, 142, 143, 144

## პ

პანოპაკი—56
პარაფინში ჩაყალიბება—93, 97
პარაფინის ანათლები—97
„ ანათლების დამზადება—100
„ „ დაწებება სასაგნე მინაზე—106
ბლოკის დამზადება—96, 97, 100
„ ბლოკის ჩარჩო—96
პარაბოლოიდ კონდენსორი—43, 45
პერიპლანი—13
პერმანგანატი—კალიუმის—136
პიკრინის მჟავა—124
პიკროფუქსინი—114
„ —დამზადება—135
პირდაპირი გაშუქება—28
პლანაქრომატი—6
პლანიმეტრი—64
პლანქტონური იმერსიული ობიექტივი—9
პრეპარატი—ამპლიტუდური—47
„ —ფაზური—46
პრეპარატის დამკერი—29
„ „ —სკალა—34
„ დიფერენციერება—120
„ სამოძრავებული—34, 35
პრეპარატის სამოძრავებელი—ფუნქცია—35
პრიზმა—22
„ —ამრეკლავი—52
„ —ოპაკილუმინატორის—54
პრიზმები სახატავი აპარატის—61
„ —სისტემა—13
პროგრესული შეღებვა—120

## რ

რადიოლუმინესცენცია—39
რამსდენის ოკულარი—11, 12
რანვიეს სპირტი—113

რასტრმიკროსკოპი—69
რგოლისებრი დიაფრაგმა—48
„ კონდენსორი—55
„ სარკე—8
რეგრესული შეღებვა—120
რევოლვერი—29, 31
„ —სპეციალური—48
რეზორცინ—ფუქსინი—130
რენდგენო—ლუმინესცენცია—39
რთული შეღებვა—119
რინგერის ხსნარი—81
რიცხვითი აპერტურა—23, 25, 26, 27, 33
— მაქსიმალური სიდიდე—27
„ „ —ოდენობა—26
„ „ —ფორმულა—27
როკინის შაბი—დამზადება—126
„ „ —დიფერენცირება—126
როდამინი—42
რუბაშკინის მეთოდი ანათლების დაწებებისა—107

ს

საგნის მაგიდა—29, 31
საგნის მინა—45
„ მინის გაწმენდა—105, 116.
„ „ სისქის გაზომვა—56
სათვალეების მსგავსი ლუპა—3
საკორექციო ლინზა—11
სამოძრავებელი პრეპარატის—34, 35
„ —სკალა—34
—ხმარების წესი—34
სარკე—15, 29, 32, 45
„ —ბრტყელი—32, 44
„ —ლინზიანი ობიექტივი—51
—მიკროსკოპის—41, 44
—ნახევარსფეროსებრი—8
—რგოლისებრი—8
—სახატავი აპარატის—61, 62
„ —სფერული—8
„ —ჩაზნექილი ზედაპირი—32
სარკმელი მუცლის კედელში—76
საფარი მინა—27, 31, 41, 45
„ მინის კორექცია—31
„ „ სისქის გაზომვა—56
საფიქსაციო სითხე—ალკოჰოლ-ფორმოლი—92, 132
—აბსოლუტური სპირტი—91
—ბუენის—91
—გამოცვლა—89
და ობიექტის შეღებვა—87
—დიფუზიერ—87
—ვასიუტოჩკინის—92
—კარნუას—92, 138
—კონცენტრაცია—87
—მარტივი—86
—მაქსიმოვის—132
— მემბრანოგენური თვისებები—88
—მიულერის—108
—ობიექტის გარეცხვა—89
—ობიექტის სიდიდე—89
—ორტის—108
—პეტრუნკევიჩის—91
„ —რთული—86
„ —ტემპერატურა—87
„ —უნივერსალური—87
„ „ —შამპის—91
საფიქსაციო სითხის შერჩევა—87
„ „ —შეღწევის სისწრაფე—87
—შეღწევის სქემა—88
—ცენკერი—132
—ჯგუფები—86
—ჰეიდენჰაინის—„სუზა“—92
საფრანინი—124
საღებავები—ანილინური—123
„ —ბაზოფილური—123
„ —ბუნებრივი—121, 122
„ —ინდიფერენტული—123, 124

ᲡᲐᲚᲔᲑᲐᲕᲔᲑᲘ—მცენარეული წარმოშობის—121
—ნეიტრალური—123
—სინთეზური—121
— ცხოველური წარმოშობის—121
„ —ხელოვნური—121, 122
„ —კლასიფიკაცია—121
სახატავი აპარატი—60, 61, 62
„ —მიკროსკოპიდან სურათის გადმოხატვა—64
„ —პრიზმები—61
„ —სარკე—61
„ „ —შუქფილტრი—61
სემიაპოქრომატი—6, 7
სითხე იმერსიული—9
სიმეტრიული მაგნიტური ველი—68
სინათლის ამპლიტუდის სიდიდე—47
სინათლის გაფანტვა—20
„ —დამატებითი ტალღა—49
„ —დიფრაქცია—46
„ —მიკროსკოპი—ოპტიკური სქემა—72
—რხევის ფაზა—46
—ტალღის სიგრძე—23, 24, 27, 50
—ტალღისებრი გავრცელება—46
—ტალღისებრი რხევა—47
„ —შთანთქმის უნარი—46
სინთეზური საღებავები—118, 121
სინდიყიანი კვარცის ნათურა—PK—40
„ ნათურა—40, 51
სისხლის ნაცხების დამზადება—116
„ პლაზმის დამზადება—78
„ წითელი მარილი—146
სკალა—ტუბუსის—30, 31
სოლვატური გარსი—85
სპექტრი დიფრაქციული—24, 25, 46
„ —მეორადი—5, 7
„ —უხილავი ნაწილი—40
„ —ფაზური—მესერი—47
„ —ხილული ნაწილი—27, 40
სპირტი ძმარმჟავა—134
სტერეოსკოპული ოკულარი—13, 14
სტოკსის კანონი—40
სუბმიკრონები—2, 44, 85
—ელექტრული მუხტი—85
—იონების ადსორბცია—
„ —იონიზაცია—85
სუბსტანციური შეღებვა—120
სუდან III—124
„ III—ცხიმის შეღებვა—130
სუპერმიკრონი—1
სუპრავიტალური გამოკვლევა—81
სუსპენზია—85
სფერული აბერაცია — 3, 18, 21, 22, 23
„ სარკე—8
სხივები—ულტრაიისფერი—40
სხივების გარდატეხა—15
„ კონუსი—15
„ სვლა ზეთიმერსიულ შემთხვევაში—10
სვლა წყლის იმერსიის შემთხვევაში—10
„ შეკრება ფოკუსში—20
„ შთანთქმა—53
სხივეტეხის კოეფიციენტი—8, 9, 20, 21, 26, 27, 44
—კედარის ზეთის—9
—მინის—17
—მონობრომნაფტალინის—9
—წყალგლიცერინის—9
—ჰაერის—9

## ტ

ტალღები—ელექტრონული—68, 69
ტასტერი—57
ტიროდეს სითხე—77, 78
ტლანკი გამოსახულება—25
ტოლუოლი — ობიექტის გაჟღენთვა—94

ტოტალური პრეპარატი—101
„ „ — დამზადება—83, 112
„ —ფიქსაცია—112
„ „ —შეღებვა—83
ტრანსპლანტატი—თვალის წინა კამერაში—76
ტრანსფორმატორი—60
„ —რეოსტატით—53
ტრიპაფლავინი—42, 43
ტუბუსი—114, 29, 30, 48
„ —გარეთა მილი—29
„ —მექანიკური სიგრძე—16, 17, 18, 31
—ოპტიკური—16, 17
—სიგრძე—7
—სიგრძის განსაზღვრა—31
—სიგრძის შეცვლა—31
—სკალა—30, 31
„ —შიგნითა მილი—29, 31
ტუშით ხატვის მეთოდი—65
ტუშის ჩხირი იაპონური—65
ტყვია აზოტმჟავა—146
ტყვიანარევი მინა—5, 25
ტყვიის მარილებით იმპრეგნაცია ნერვული ელემენტების მეორე ვარიანტი—145

## უ

უარყოფითი მენისკო—4
უდიდესი გადიდება—18
ულტრამიკრონები—2, 85
ულტრაიისფერი გამოსხივება—დიდი ინტენსივობით—41
მიკროსკოპი—50, 51, 131
„ სხივები—2, 40, 50
„ ტალღები—50, 53
„ ფილტრი—41
„ მიკროსკოპი—МУФ—2
„ —50
ულტრამიკროსკოპი—43, 85
„ —ხმარების მეთოდი—43
ულტრამიკროსკოპია—43
ულტრასტრუქტურების — „ფიქსაცია“—84
ულტროპაკი—54, 55, 56
ურანის მინის ფირფიტა—41
უჯრედების კვლევის, ექსპერიმენტალური მეთოდი—16
უჯრედის საზღვრების იმპრეგნაცია—აზოტმჟავა ვერცხლით—127

## ფ

ფაზა—განმარტება—46
ფაზური მესერი—47
„ „ —სპექტრი—47
ფაზურკონტრასტული ობიექტივი—48
„ — ობიექტივები—წყება—48
—პრეპარატი—46, 47
—რგოლი—47
—რგოლის ამპლიტუდა—50
— ფირფიტა—47, 48
— მიკროსკოპი—კონდენსორი—40, 48
—მიკროსკოპია—46, 47, 49
„ —მეთოდი—47
ფერადი გამოსხივება—53
„ ტრანსფორმაცია—მეთოდი—52
ფიზიკოქიმიური თეორია—118
ფიზიოლოგიური ხსნარი—42, 81
ფილტრი—გოგირდმჟავა სპილენძის ხსნარის—41
ფილტრი—ვუდის—41
„ —ულტრაიისფერი—41
„ —ულტრაიისფერი სხივების შთანმთქმელი—41
ფილტრების წყობილი — ულტრაიისფერი სხივებისათვის—40
ფირფიტა—ინტერფერენციული—49
„ —ფაზური—48
ფიქსაცია—83

ფიქსაცია—განმარტება—84
—ობიექტის გამყარივება—86
—დაბალ ტემპერატურაზე—89
—ობიექტის მოცულობის შეცვლა—86
ფიქსაციით გამოწვეული ცვლილებები—84, 86
ფლინტგლასი—6, 9
ფლუორესცეინი—42, 43
ფლუორესცენტული მიკროსკოპია—39, 41, 42
ფლუორესცენცია—39
" —მეორადი—42
" —პირველადი—42
" —საკუთარი—42
ფლუორესცირება - 40, 42, 43
" —ეფექტი—42
" —იისფერი სხივებით—40
" —ინტენსივობა—42
—ლურჯი სხივებით—40
— სინათლის ტალღის სიგრძის—40
" —უნარი—42
ფლუორიტი- 6, 7
ფლუორიტის სისტემა—7
ფლუოროსკოპია—40
ფლუოროქრომები—42
ფოკუსური მანძილი—5, 12, 17, 19, 20
—ობიექტივის—23
" —ოკულარის—23
სიბრტყე ობიექტივის—24
ფოსფორესცენკია—39, 40
ფოსფორნარევი მინა—6
ფოტოლუმინესცენცია—39
ფორმალინი—89, 108
—განეიტრალება—90
—ნეიტრალური—142, 145
—რთული საფიქსაციო სითხის კომპონენტი—90
ფრანკის ნემსი—116
ფრონტალური ლინზა—8, 9, 26, 27
" —გადიდების საზომი—5
—დიამეტრი—18
—ოდენობა—5
ფრონტალური ლინზა—სიმრუდე—5
ფტორის ნატრიუმი—116
ფუტის მეთოდი—იმპრეგნაცია ფურცლით—136
ფუქსინი—123

## ქ

ქარსის ფირფიტა—77
ქაფური—106
ქიმიური თეორია—შელებელი—118
ქლორკალციუმი—130
ქლოროფორმი — ობიექტის ვაქლენთვა—95
ქრომატული აბერაცია—22, 23
ქრომის მჟავა—115
ქრომოზომები—126
ქრომოსკოპი—52
—ნათურები—52, 53
" —კონდენსორი—52, 53
" —ფილტრები—52, 53
ქსილოლი — ობიექტის ვაქლენთვა—94
ქსოვილის ელემენტების იზოლაცია—113
ქსოვილის კულტურა—45, 75
" " —გადაკვესვა —79
" —ვადაღება კინოაპარატით—79
—გამთბარი კარადა—79
—დათესილი ნაკრები—78
—დაკიდულ წვეთში—76
—დასათესი მასალა—77
—დაშლა—80
—ემბრიონის ექსტრაქტის დამზადება—78
—ექსპერიმენტი—79
—ზრდის ზონა—79
—კამერა —79

ქსოვილის კულტურა—კარელის ფინ-
„ ჯანში—77
—მემბრანა—79
—მიკროსკოპში
დაკვირვება—79
—ნიადაგის განა-
ხლება—79, 80
—ნივთიერებათა
ცვლის პროცე-
სები—80
—ორგანიზმის გა-
რეთ—76
—საკვები ნიადა-
გი—77
—სისხლის პლაზ-
მის დამზადე-
ბა—78
— ტემპერატუ-
რა—79
—ფილმი—79
—შედედებული
ფიბრინი—78
ქსოვილების კვლევის ექსპერიმენტუ-
ლი მეთოდი—76

ღ

ღრტილი—42

უ

უერის ნიჟარა—კაბერის ჩადგმა—75

შ

შაბ- კალიუმის—135
შაბის კარმინი—114, 128
შამპის საფიქსაციო სითხე—128
შარლახი—P—124
შემაერთებელი ქსოვილოვანი ელემენ-
ტების იზოლაცია—114
შემაერთებელი ქსოვილოვანი ბოჭკოე-
ბი—41
შემკრები ლინზა—10
„ —ფუნქცია—11, 12,
114
შეღებვა—117
„ —ადექტივური—120
„ —ახანით—133
„ —ახურ-ეოზინით—132
„ —ანათლების—118
„ —ბაზოფილური სუბსტან-
ციის—138
—ბაიცური—120
—გლიკოგენის—122
—დიფუზური—120
—ელასტიკური ბოჭკოე-
ბის—114
—ელექტივური—120, 121
—ეოზინით—125
—ერთდროული—120
—ვან-გიზონის მეთოდით—
134, 143
—თანმიმდევრული—120
—თეორიები—118
—თიონინით—121
—კარაჩის ჰემატოქსილი-
ნით—135, 136
—ლორწოს—122
—მარტივი—119
—მეტაქრომაზული—121
— მიელინური ნერვული
ბოჭკოების—139
—ნისლის მარცვლების—138
—პროგრესული—120
—რეგრესული—120
—რთული—119
—სუბსტანციური—120
—ტოტალური პრეპარა-
ტის—83
—ფიზიკა-ქიმიური—118
—ქიმიური თეორია—118
—შაბის კარმინით—127
—შემაერთებელ ქსოვილო-
ვანი ბოჭკოების—114
—შერჩევითი—120, 121
—ცელოიდინის ანათლე-
ბის—119
—ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსი-
ლინით—120, 125, 126
—ჰემატოქსილინ - ეოზი-
ნით—124

ჭელებვა in foto—114
ჭიგნითა მილი ტუბუსის—31
ჭაადელი—110
ჭუამდებარე სითხე—ობიექტის გაყლენთვა—94
ჭუქფილტრი—34, 41, 52, 62
—სახატავი აპარატის—61
—ქრომოსკოპის—53

ჩ

ჩართული ნივთიერებანი—45
ჩაყალიბება—პარაფინში—92, 97
„ —ცელოიდინში—102, 105

ც

ცაიტრაფეერული კინოგადაღება—80
„ცარიელი" გადიდება—26
ცენტრალური მაქსიმუმი—47
ცენტრირება—48
ცენტროფუგირება—78
ცენტროფუგა—113
ცელოიდინი—ანათლების დაწებება—107
—ანათლების შელებვა—119
—დამზადება—104
—ჩაყალიბება—102, 104, 105
ცენკერის საფიქსაციო სითხე—132
ცილა—გლიცერიხი—106, 107, 110
ციფერბლატი—57
ცხიმის შელებვა—სუდან III-ით—131
ცხოველური წარმოშობის სალებავები—121

ძ

ძვლის ნაკლიბი—დამზადება—138
ძმარმჟავა—23
ძმარმჟავა—ნატრიუმი—146
—სპირტი—134

წ

წყალი ამონიაკის—143
წყლის ამორთმევა ობიექტიდან—93

ხ

ხატვის მეთოდიკა—ნაკვთისებრი სურათი—67
—ტუშით—65
— ფერადი სურათის—67
ხედვის ველი—11, 44
—ბნელი, 41, 42. 44. 45, 46
—გამრუდება—7
„ „ —გაშუქება—19
ხედვის ველი—დიაფრაგმა—11, 15
„ —უფერული—13
„ —შელებვა ლურჯ ფერში—13
„ —კუთხე —3, 26, 28
მანძილი ნორმალური—16, 20
„ „ საუკეთესო—16, 19
ხელოვნური სალებავი—121, 123
ხვრელის კუთხე—გადიდება—25
„ —სიდიდე—25, 26, 28
„ კუთხის ნახევარი—26, 28
ხრახნი მაკრომეტრული—30, 32
„ მიკრომეტრული—3, 7, 29, 30, 32
ხსნარი ფიზიოლოგიური—42

ჰ

ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსილინი—დამზადება—126

ჰეიდენჰაინის ჰემატოქსილინი და დამატებით მუციკარმინით შეღებვა—130
ჰემატოქსილინი — 115, 121, 122 123
—ბემერის—136
— ბემერის — დამზადება—124
—ეოზინი—114, 117, 124
ჰემატოქსილინი—კარაჩის—132
— ჰეიდენჰაინის — შეღებვა —125,126
ჰეპარინი—78
ჰიდროფილური კოლოიდი—45
ჰიდროფობური კოლოიდი—45
ჰიპოსულფიტი—128, 136, 144
ჰისტოქიმიური გამოკვლევა—50
ჰიუგენსის ოკულარი—10, 12
ჰომოგენური იმერსია—9

---

რედაქტორი ვ. უიფშიძე

კორექტორი ა. გაბრიელოვა

უე 01506 შეკვეთა № 1162. ტირაჟი 2.000. 1955 წ.
ჩადაეცა წარმოებას 28/X-55 წ., ხელმოწერილია დასაბეჭდად 31/XII-55 წ..
ანაწყობის ზომა 6×10. ქაღალდის ზომა 60×92. სასტამბო ფორმათა
რაოდენობა 11. საალრიცხვო-საგამომცემლო ფორმათა რაოდენობა 9,32.

ფასი 6 მან. 50 კაპ.

სტალინის სახელობის თბილისის სახ. უნივერსიტეტის გამომცემლობის სტამბა-ლითოგრაფია, უნივერსიტეტის ქ. № 1.