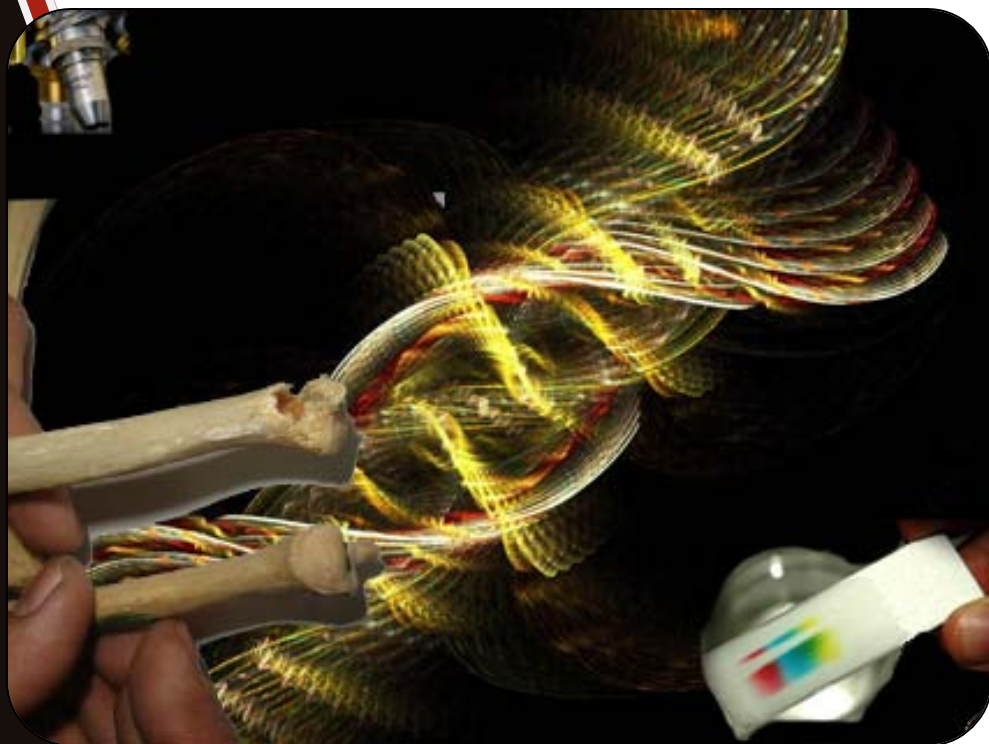


ქიმია და კრიმინალისტიკა

ნაწილი 2

ბოჭკოები და კრიმინალისტიკური ქიმიური ანალიზი



ელისბარ ელიზბარაშვილი

თბილისი

♦ 2010 ♦

შინაარსი

შინაარსი.....	3
მიზანი	5
შესავალი.....	6
ბოჭკოების კლასიფიკაცია	8
ღებვის ტექნოლოგიის საფუძვლები.....	23
ბოჭკოების ღებვა	26
მასაში ღებვა	27
პირდაპირი ღებვა.....	28
დისპერსული ღებვა.....	30
კუბური ღებვა	32
ღებვა აქტიური საღებრებით.....	34
ბოჭკოების ანალიზი.....	36
მიკროსკოპი.....	39
ლღობის ტემპერატურისა და ხსნადობის ტესტი	45
ქრომატოგრაფია	50
სპექტროსკოპია და მიკროსპექტროსკოპია	52
საინტერესო ლიტერატურა კრიმინალისტიკაში.....	59
წიგნები და სახელმძღვანელოები	59
სიმპოზიუმის მასალები.....	59
ონლაინ რესურსები	60

გამოყენებული ლიტერატურა	61
-------------------------------	----

წინამდებარე სახელმძღვანელოში განხილულია ბოჭკოებისა და მათი ანალიზის კრიმინალისტიკური ქიმიის საკითხები.

შესავალი ნაწილის შემდეგ მოკლედ მიმოვიხილავთ ბოჭკოების სახეებს და მოვახდენთ მათ კლასიფიკაციას. შემდეგ თავში განვიხილავთ ბოჭკოების ანალიზის მეთოდებს, როგორცაა მიკროსკოპით დარვირვება, ლღობის ტემპერატურისა და ხსნადობის ტესტი, ქრომატოგრაფია და სპექტროსკოპია და მიკროსპექტროსკოპია.

დასასრულს თქვენ აღმოაჩენთ იმ დამატებითი თანამედროვე ლიტერატურის ჩამონათვალს, რომელიც მეტად დიდ დახმარებას გაგიწევთ საკითხის სრულფასოვნად შესწავლაში.

გარდა ამისა, სახელმძღვანელოში შეხვედებით ამონარიდებს რეალური საგამოძიებო საქმეებიდან, რომელთაც გარდა ინფორმაციული ხასიათისა, მჭიდრო კავშირი აქვს ტექსტში გადმოცემულ თეორიულ მასალასთან.

გისურვებთ წარმატებას.

შესავალი

ბოჭკოები, ძირითადად კი საფეიქრო ბოჭკოები, ერთ-ერთი ყველაზე ხშირად გავრცელებული ნივთმტკიცებებია კრიმინალისტიკურ პრაქტიკაში. ბოჭკოები წარმოადგენენ რა ორგანული წარმოშობის მაღალმოლეკულურ ნაერთებს, ადვილად ექვემდებარებიან ქიმიკოს-კრიმინალისტების არსენალში არსებულ ანალიზის აპარატურის ფართო სპექტრს ოპტიკური მოწყობილობებიდან დაწყებული მიკროსპექტრომეტრებითა და ქრომატოგრაფიით დამთავრებული.

საქმე #X-001

1979 წლის დასაწყისიდან ქალაქ ატლანტაში ახალგაზრდა შავკანიანი მამაკაცები უჩინარდებოდნენ, რომელთა გვამებსაც მოგვიანებით ტყიან მასივებში ან ავტომაგისტრალების სიახლოვეს ნახულობდნენ. თითოეული შემთხვევიდან ნივთმტკიცების სახით ამოღებული იქნა ბოჭკოს უამრავი ნიმუში და მათ შორის მომწვანო ხალიჩის ბოჭკოს კვალი. აქედან გამომდინარე დადგინდა, რომ ყველა მათგანი ინციდენტამდე ერთი და იმავე გარემოში ატარებდა დროს და ადგილი ჰქონდა სერიულ მკვლელობებს.

როდესაც ადგილობრივ გაზეთში მოკვლევის წინასწარმა შედეგებმა გაჟონა, მკვლელმა დაიწყო მსხვერპლის გაშიშვლება და ტანსაცმლის მდინარეში გადაყრა. საბოლოოდ მკვლელის ტაქტიკის შეცვლა გახდა საფუძველი მისი დაკავებისა - 1982 წლის 22 მაისის ადრიან დილით იგი აიყვანეს ხიდზე მდინარეში მორიგი მსხვერპლის ტანსაცმელის გადაყრის მცდელობისას.

შემდგომი მოკვლევისას მისი სახლიდან და მანქანიდან ამოღებული იქნა ბოჭკოს მრავალი სინჯები და მათ შორის ყველაზე საინტერესო - მომწვანო ხალიჩის ბოჭკოები, რომელსაც ჰქონდა უჩვეულო ჯვარედინი კვეთი. მაგრამ გაირკვა, რომ იგი ადგილობრივი წარმოების ხალიჩას ეკუთვნოდა,

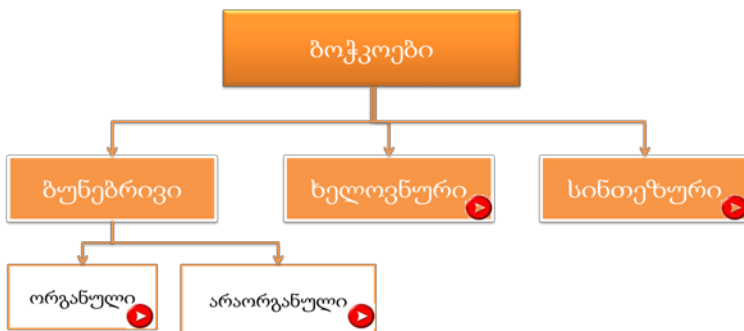
და ასეთი ხალიჩა დაახლოებით ყოველ 8000 ოჯახიდან ერთს ჰქონდა. გამოძიება ჩიხში მოექცეოდა, რომ არა ექსპერტ-კრიმინალისტების ძალისხმევა. მათ დაამტკიცეს მსხვერპლებზე და მკვლელის ტანსაცმელზე აღმოჩენილი სხვა ბოჭკოებს შორის იდენტურობა...

გარდა მოყვანილი მაგალითისა, კრიმინალისტიკურ პრაქტიკაში უამრავი შემთხვევაა მოიძიება, როდესაც ბოჭკოს კვალი არის ერთადერთი და უტყუარი სამხილი.

ბოჭკოების კლასიფიკაცია

ბოჭკოების ზოგადი კლასიფიკაცია ემყარება მის წარმომავლობას. აქედან გამომდინარე ანსხავენ სამი ტიპის ბოჭკოებს (ნახ. 1):

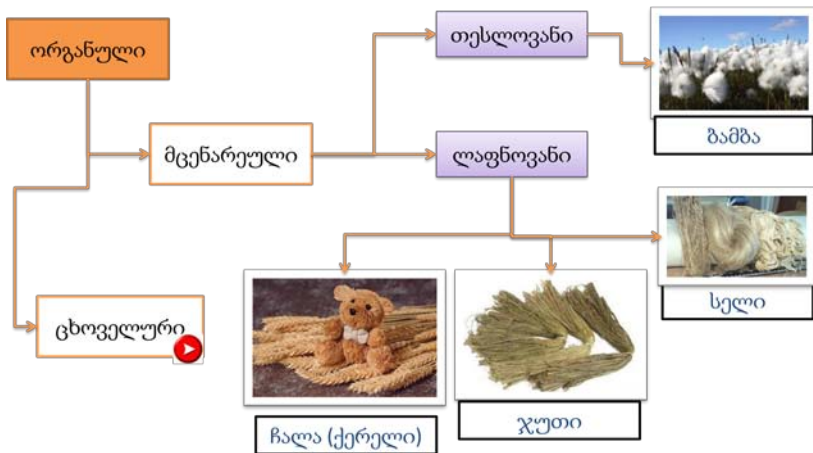
- ბუნებრივი ბოჭკოები - ბოჭკოები, რომელთა მიღება წარმოებს ბუნებრივი (მინერალური, მცენარეული ან ცხოველური) წყაროებიდან. მაგ., აზბესტი, ბაზალტის ბოჭკო, შალი, აბრეშუმი, ბამბა, სელი და ა.შ.
- ხელოვნური ბოჭკოები - ბოჭკოები, რომელთა მიღება წარმოებს სინთეზურად, მაგრამ წარმოადგენენ ბუნებრივი ბოჭკოების ანალოგებს. მაგ., პოლია მიდეები, აცეტოცელულოზა და ა.შ.
- სინთეზური ბოჭკოები - ბოჭკოები, რომელთაც ბუნებრივი ანალოგები არ გააჩნიათ და მიღებულნი არიან სინთეზურად.



ნახ. 1. ბოჭკოების კლასიფიკაცია

ორგანული ბოჭკოები თავის მხრივ შეიძლება დაიყოს ცხოველური და მცენარეული წარმოშობის ბოჭკოებად.

მცენარეული ბოჭკოების მიღება ხდება თესლიდან ან ლაფნიდან. შესაბამისად, განასხვავებენ მცენარეულ თესლოვან, როგორიცაა მაგალითად ბამბა და ლაფნოვან მცენარეულ ბოჭკოებს, როგორიცაა სელი, ჯუთი, ქერელი და სხვა (ნახ. 2).



ნახ. 2. ორგანული მცენარეული წარმოშობის ბოჭკოების ქვეკლასიფიკაცია

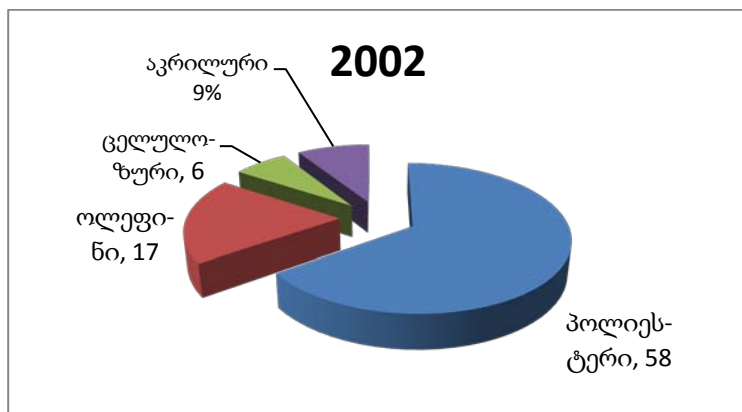
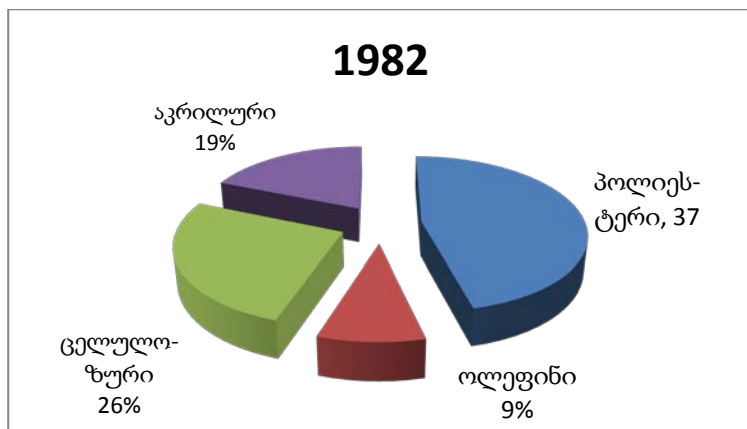
ცხოველური წარმოშობის ბოჭკოებს ხშირად უწოდებენ პროტეინულ ბოჭკოებსაც, ვინაიდან მათ ცილოვანი აღნაგობა აქვთ. პროტეინულ ბოჭკოებს მიეკუთვნება სხვადასხვა სახის მატყლი, ბეწვი და აბრეშუმი.

ნახ. 3. ორგანული ცხოველური წარმოშობის ბოჭკოების ქვეკლასიფიკაცია

ბუნებრივი წარმოშობის ბოჭკოებს მიუკუთვნება ასევე არაორგანული შედგენილობის ბოჭკოები, როგორიცაა მინა ქსოვილი, ბაზალტის ბოჭკო და ა.შ. (ნახ. 4).

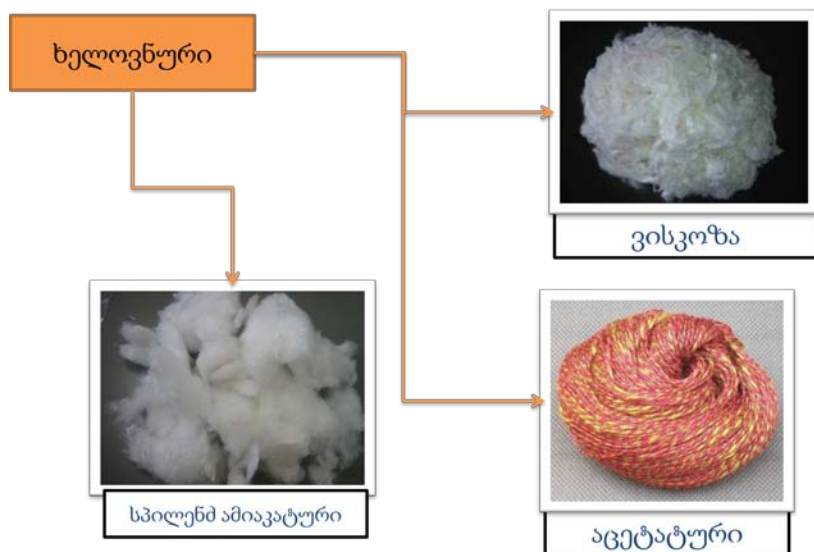
ნახ. 4. მინერალური ბუნებრივი წარმოშობის ბოჭკოების ქვეკლასიფიკაცია

ხელოვნური და სინთეზური ბოჭკოები სულ რამდენიმე ათეული წელია რაც გამოჩნდა სამომხმარებლო ბაზარზე, და რაც დრო გადის სულ უფრო და უფრო ანაცვლებს ბუნებრივ ბოჭკოებს. დღეისათვის მრავალი კომპანია არის დაკავებული ახალი ტიპის ბოჭკოების შექმნით. ამასთანავე, დიდი პოპულარობით ხასიათდებიან შერეული ბოჭკოები (ნახ. 5).



ნახ. 5. ბოჭკოების წლიური წარმოება მსოფლიო მასშტაბით

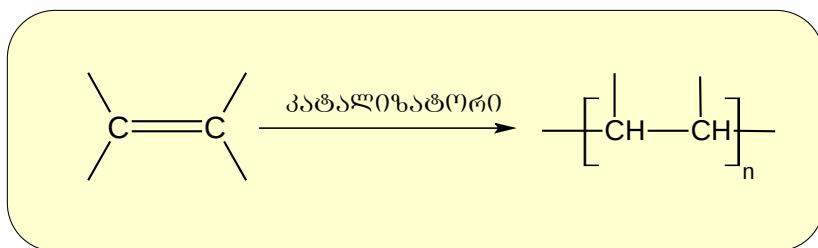
ხელოვნური ბოჭკოების ზოგადი კლასიფიკაცია შეიძლება წარმოდგინდეს ნახ. 6-ის მიხედვით.



ნახ. 6. ხელოვნური ბოჭკოების ქვეკლასიფიკაცია

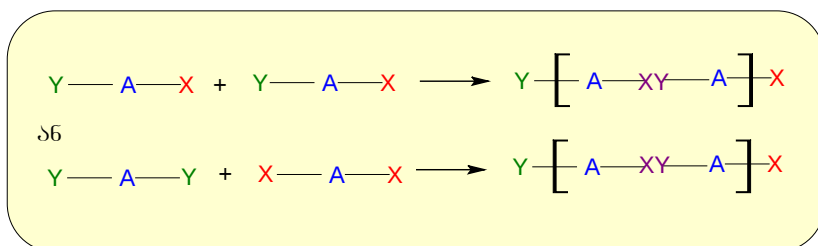
შედარებით უფრო დიდი ასორტიმენტით გამოირჩევა სინთეზური ბოჭკოები. სინთეზური ბოჭკოები შეიძლება დაიყოს მათი პოლიმერის ჯაჭვის აღნაგობის მიხედვით და გამოვყოს კარბოჯაჭვური და ჰეტეროჯაჭვური ბოჭკოები. კარბოჯაჭვური ბოჭკოების პოლიმერული ჩონჩხი აგებულია მხოლოდ ნახშირბადის ატომებით, ხოლო ჰეტეროჯაჭვურ ბოჭკოებში კი ნახშირბადოვან ჩონჩხში ჩართულია ჰეტეროატომებიც (ძირითადად აზოტის, ჟანგბადის, სილიციუმის, გოგირდის ატომები).

კარბოჯაჭვური ბოჭკოები მიიღება პოლიმერიზაციის რეაქციით, რომლის დროსაც სხვადასხვა კატალიზურ პირობებში ერთმანეთთან შედიან რეაქციაში უჯერი აღნაგობის მონომერები (ნახ. 7).



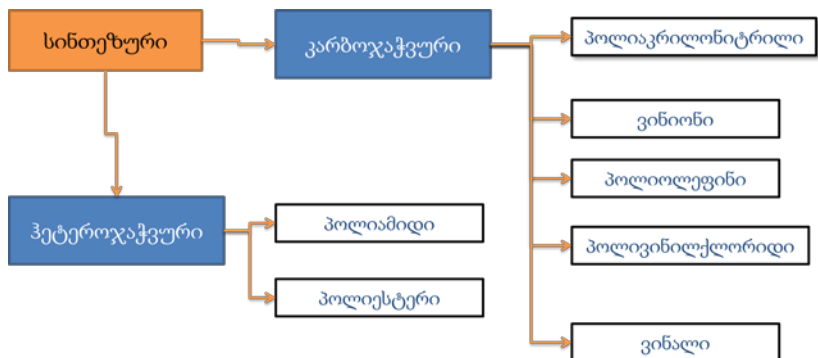
ნახ. 7. პოლიმერიზაციის რეაქციის ზოგადი სქემა

ჰეტეროჯაქვური პოლიმერების სინთეზის მეთოდს კი პოლიკონდენსაციის რეაქცია წარმოადგენს, რომლის დროსაც ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ დიფუნქციური ნაერთები (ნახ. 8).



ნახ. 8. პოლიკონდენსაციის რეაქციის ზოგადი სქემა

სინთეზური ბოჭკოების ქვეკლასიფიკაცია წარმოდგენილია ნახ. 9-ზე.



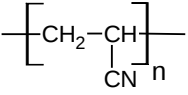
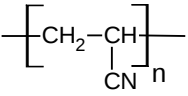
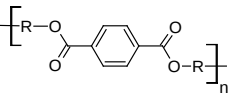
ნახ. 9. სინთეზური ბოჭკოების ქვეკლასიფიკაცია

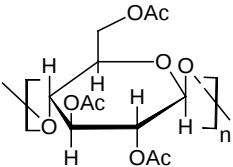
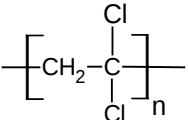
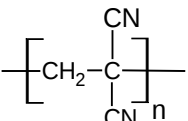
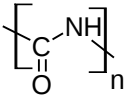
ბოჭკოების ასორტიმენტის გაზრდამ განაპირობა მათი შედარებით სრულყოფილი (დაწვრილებითი) კლასიფიკაციის შემოღების აუცილებლობა. ამ თვალსაზრისით ერთ-ერთი ყველაზე სრულყოფილი კლასიფიკაცია შემოთავაზებული არის ამერიკის ფედერალური სავაჭრო კომისიის მიერ [1]. აღსანიშნავია, რომ მრავალი ქვეყნის კრიმინალისტური სამსახურები ამ კლასიფიკაციას ეფუძვნებიან.

ბოჭკოების კლასიფიკაცია მოცემულია

ცხრილი 1-ში, სქემატურად წარმოდგენილია ნახ. 10-ზე.

ცხრილი 1. საფეიქრო ბოჭკოების წარმოების იდენტიფიკაციის წესებისა და რეგულირების აქტი

ბოჭკოს დასახელება	აღწერა	მონომერი
აკრილური Acrylic	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 85 წონით პროცენტ აკრილონიტრილის რგოლებს	
მოდაკრილური Modacrylic	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ 85 წონით პროცენტზე ნაკლებ მაგრამ 35%-ზე მეტ აკრილონიტრილის რგოლებს	
პოლიესტერი Polyester	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 85 წონით პროცენტ ჩანაცვლებული არომატული მჟავების (მათ შორის ტერეფთალმჟავის) ესტერების რგოლებს	
რეიონი Rayon	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელიც მოიცავს რეგენირებულ ცელულოზას, ან სინთეზირებული ბოჭკო, რომელიც მოიცავს რეგენირებულ ცელულოზას, რომელშიც ჰიდროქსილის ჯგუფის წყალბადატომების ჩანაცვლება არ აღემატება 15%-ს	

ბოჭკოს დასახელება	აღწერა	მონომერი
აცეტატი Acetate	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის აცეტოცელულოზა, რომელშიც 92%-ზე მეტი ჰიდროქსილის ჯგუფი არის აცილირებული.	
სარანი Saran	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჭონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 80 წონით პროცენტ ვინილიდენ ქლორიდის რგოლებს	
აზლონი Azlon	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია მიღებულია რომელიმე ბუნებაში გავრცელებული პროტეინული ბოჭკოს რეგენერაციით	
ნიტრილი Nytril	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 85% ვინილიდენ დინიტრილის გრძელი ჯაჭვის პოლიმერს, რომელშიც ვინილიდენ დინიტრილის შემცველობა არ არის პოლიმერის სხვა რგოლებზე ნაკლები	
ნაილონი Nylon	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჭონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 85 წონით პროცენტ უშუალოდ ორივე მხრიდან არომატულ ბირთვებთან დაკავშირებულ ამიდურ ბმებს.	
რეზინი Rubber	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის ბუნებრივი ან სინ-	

ბოჭკოს დასახელება	აღწერა	მონომერი
	თეზური რეზინი, რომელიც მოიცავს შემდეგ კატეგორიებს: 1. სინთეზურ ბოჭკოს, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის ისეთი ნახშირწყალბადები, როგორიცაა: ბუნებრივი რეზინი, პოლიიზოპრენი, პოლიბუტადიენი, დიენებისა და ნახშირწყალბადების თანა-პოლიმერები, ან ამორფული (არაკრისტალური) პოლიოლეფინები; 2. სინთეზურ ბოჭკოს, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის აკრილონიტრილისა და დიენის თანაპოლიმერი, რომელშიც აკრილონიტრილის რგოლების რაოდენობა არ არის 50% მეტი და 10%-ზე ნაკლები. 3. სინთეზურ ბოჭკოს, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის პოლიქლოროპრენი. მისი თანაპოლიმერი, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია 35%-ზე მეტ ქლოროპრენის რგოლებისაგან შედგება.	
სპანდექსი Spandex	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჭონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 85 წონით პროცენტ სეგმენტირებულ პოლიურეთანს	
ვინალი Vinal	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჭონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 50	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} \right]_n$

ბოჭკოს დასახელება	აღწერა	მონომერი
	წონით პროცენტ ვინილის სპირტის ფრაგმენტებს და რომელშიც ვინილის სპირტისა და მისი აცეტილ ნაწარმების ჯამური რაოდენობა 85 წონით პროცენტზე მეტია.	
ოლეფინი Olefim	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 85 წონით პროცენტ ეთილენის, პროპილენის და სხვა ოლეფინის რგოლებს, გარდა ამორფული პოლი-ოლეფინებისა	
ვინიონი Vinyon	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 85 წონით პროცენტ ვინილქლორიდს	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right]_n$
მეტალიკი Metallic	სინთეზირებული პოლიმერი, რომელიც მოიცავს მეტალს, პოლიმერით დაფარულ მეტალს, მეტალით დაფარულ პლასტმასას, მეტალით მთლიანად დაფარულ ღეროს.	
მინა Glass	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის მინა	
ანიდექსი Anydex	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 50 წონით პროცენტ ერთ ამ მეტერთატომიანი სპირტის ესტერსა და აკრილმჟავას.	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{HO}-\text{C}=\text{O}}{\text{CH}} \right]_n$

ბოჭკოს დასახელება	აღწერა	მონომერი
ნოვოლო- იდი Novoloid	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელიც მოიცავს ჯვარედინად გაკერილ ნოვოლაკის 85%. ნოვოლაკი არის ფენოლფორმალდეჰიდური ფისის ეპოქსიდი	
არამიდი Aramid	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 85 წონით პროცენტ უშუალოდ ორივე მხრიდან არომატულ ბირთვებთან დაკავშირებულ ამიდურ ბმებს	
სულფარი Sulfar	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 85 წონით პროცენტ უშუალოდ ორივე მხრიდან არომატულ ბირთვებთან დაკავშირებულ სულფიდურ ბმებს	-S-
PBI	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი არომატული ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს იმიდაზოლის ფრაგმენტს.	
ელასტო- ესტერი Elastoester	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 50 წონით პროცენტ ალიფატურ პოლიეთერს და სულ მცირე 35% პოლიესტერს.	
მელამინი Melamine	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის	

ბოჭკოს დასახელება	აღწერა	მონომერი
	მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 50 წონით პროცენტ ჯვარედინად გაკერილ მელამინის პოლიმერს	
ფთორ- პოლიმერი Fluoro- polymer	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 95% გრძელი ჩონჩხის პოლიმერს, რომელიც მიღებულია ალიფატური ფთორ-ნახშირწყალბადების პოლიმერიზაციით	
PLA	სინთეზირებული ბოჭკო, რომელშიც ბოჭკო-წარმომქმნელი სუბსტანცია არის გრძელი ჩონჩხის მქონე სინთეზური პოლიმერი, რომელიც მოიცავს სულ მცირე 85 წონით პროცენტ ბუნებაში გავრცელებულ შაქრის ფრაგმენტებს.	



ღებვის ტექნოლოგიის საფუძვლები

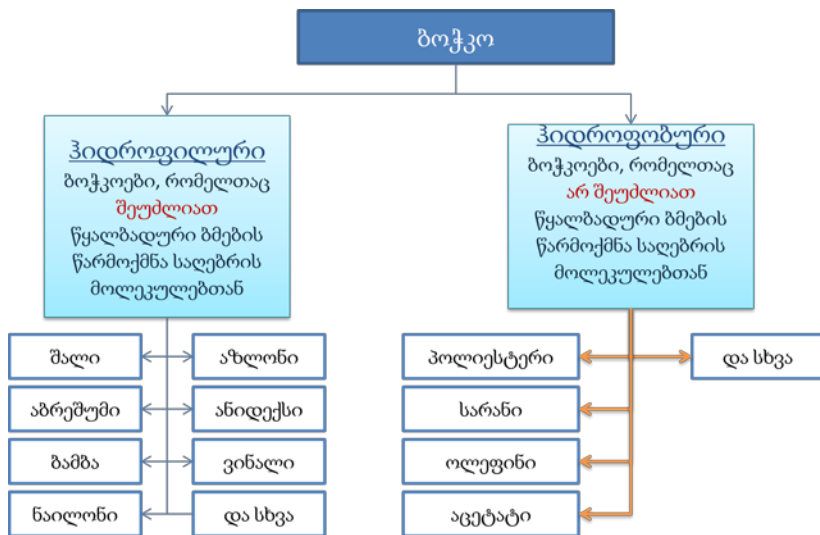
კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით როდესაც საანალიზო ნიმუშს წარმოადგენს შეღებილი ბოჭკო, შეიძლება საჭირო გახდეს საღებრის ექსტრაგირება ბოჭკოდან და მისი ინდივიდუალური სახით შესწავლა. თუმცა ეს პროცედურა საკმაოდ რთულია და მოითხოვს მეტად ფაქიზი სამუშაოს შესრულებას. საღებრის ექსტრაგირების მეთოდის სწორად შერჩევისათვის მიზანშეწონილია ვიცოდეთ თვით ღებვის პროცესის (ექსტრაგირება მისი უკუპროცესია) მიმდინარეობის საფუძვლები და თავისებურებანი.

თავიდანვე უნდა აღინიშნოს, რომ ბოჭკოების ღებვის პროცესის მეთოდიკა და გამოყენებული საღებრის ან საღებართა ნარევის ბუნება დამოკიდებულია ბოჭკოს აღნაგობაზე და ვარირებს სხვადასხვა კლასის ბოჭკოებისათვის. მაგალითად, საღებარი, რომელიც გამოიყენება შალის ბოჭკოს შესაღებად, აბსოლუტურად გამოსადეგარია პოლიესტერული ბოჭკოსათვის. ასევე რადიკალურად განსხვავდება შალისა და პოლისეტერის ბოჭკოების ღებვის მეთოდიკაც.

ღებვის პროცესის გათვალისწინებით პირველ რიგში სამღებრო-საფეიქრო ტექნოლოგიაში ბოჭკოებსა და საღებრებს ყოფენ გარკვეულ კლასებად.

სამღებრო საფეიქრო თვალსაზრისით ბოჭკოები შეიძლება დაიყოს ორო დიდი კატეგორიის: ჰიდროფობური და ჰიდროფილური ბოჭკოების მიხედვით.

ჰიდროფილური ბოჭკოებს მიეკუთვნებიან ისეთი მასალები, რომელთაც შიდამოლეკულური წყალბადური ბმების წარმოქმნა შეუძლიათ. მათ ძირითადად განეკუთვნებიან როგორც ბუნებრივი, ისე სინთეზური და ხელოვნური ჰეტეროჯაჭვური ბოჭკოები (მაგ. შალი, პოლიამიდი და ა.შ.) (ნახ. 11). ჰიდროფობური ბოჭკოები კი, ჰიდროფილურისაგან განსხვავებით, მოკლებულნი არიან შიდამოლეკულური წყალბადური ბმების წარმოქმნას. ამდენად, მათი პოლიმერული ჩონჩხი ძირითადად აგებულია ნახშირბად ატომებით და როგორც წესი, არ მოიცავენ პოლარულ ჩანმაცვლებლებს გვერდით ჯაჭვში.



ნახ. 11. ბოჭკოების კლასიფიკაცია სამღებრო-საფეიქრო ტექნოლოგიის თვალსაზრისით

ზემომოყვანილი ბოჭკოების კლასიფიკაციის შესაბამისად შემდეგავი ნივთიერებები ასევე შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: წყალში ხსნად (საღებრებად) და წყალში უხსნად (პიგმენტები) ნაერთებად.

ზოგადად სამღებრო წარმოებაში საღებრებად მოიხსენებიან ნაერთები, რომელთაც გააჩნიათ უნარი შთანთქონ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ხილული დიაპაზონიდან სინათლის გარკვეული ქვანტი.

საღებრების კლასიფიკაცია წარმოებს სხვადასხვა მიდგომით:

- იონური თვისებებით (მაგ. კატიონური, ანიონური და არა-იონური (მოლეკულური)
- ბოჭკოსთან ურთიერქმედების მიხედვით (მაგ. ცელულოზური, პროტეინული, პოლიესტერული და ა.შ.)
- ტექნიკური კლასიფიკაციის მიხედვით (მაგ. მჟავური, პირდაპირი, დისპერსული, აქტიური, და ა.შ.)
- ქიმიური კლასიფიკაციის მიხედვით (მაგ. აზო, ანთრაქინონური, სტილბენური და ა.შ.)
- წარმოშობის მიხედვით (მაგ. ბუნებრივი, სინთეზური)
- ფერის მიხედვით (მაგ. წითელი, ლურჯი და ა.შ.)

სამღებრო თვალსაზრისით საინტერესოა ტექნიკური კლასიფიკაცია, ვინაიდან იგი დაფუძნებულია სხვადასხვა სახის ბოჭკოებისათვის შემუშავებული ღებვის მეთოდების მიხედვით. ამ თვალსაზრისით განასხვავებენ მჟავურ, პირდაპირ, ფუძე, დისპერსულ, აქტიურ, კუბურ და გოგირდოვან საღებრებს (ცხრილი 2).

ცხრილი 2. საღებრების ტექნიკური კლასიფიკაცია

საღებრის კლასი	ბოჭკო
მჟაური	აბრეშუმი, შალი, პოლიამიდი, ტყავი
ფუძე	აკრილური
პირდაპირი	ცელულოზა, ვისკოზა
დისპერსული	აცეტატური, ტრიაცეტატური, პოლიესტერი, აკრილური
აქტიური	ცელოლოზური, ვისკოზა, პროტეინული
კუბური	ცელოლოზური
გოგირდოვანი	ცელოლოზური

ბოჭკოების ღებვა

ბოჭკოების ღებვა შეიძლება განვიხილოთ სამი ძირითადი საფეხურისაგან შედგენილ პროცესად:

- ბოჭკოს მომზადება
- ღებვა
- ღებვის შემდგომი დამუშავება

ბოჭკოს ზედაპირზე საღებრის მოლეკულების თანაბრად განაწილებისა და მდგრადი კავშირების წარმოქმნისათვის, აუცილებელია ბოჭკოს ღებვის პროცესის წინ სპეციალური მომზადება. პირველ პროცედურას წარმოადგენს ბოჭკოს გაუცხიმოვანება, რომელიც ითვალისწინებს მასალის სპეციალური საფეიქრო გამრეცხი საშუალებებით დამუშავებას. შემდეგ მიმართავენ ბოჭკოს აქტივაციას. აქტივაციის პროცესი დამოკიდებულია ბოჭკოს ბუნებაზე და ზო-

გიერთ შემთხვევაში (მაგალითად ჰიდროფობური ბოჭკოებისათვის) არ არის აუცილებელი, ვინაიდან გაუცხიმოვანების სტადიაზე ადგილი აქვს ბოჭკოს ზედაპირის გააქტიურებასაც.

ბოჭკოს ბუნებიდან გამომდინარე ლეზვის მეთოდები განსხვავებულია. არსებობს ლეზვის შემდეგი სახეები:

- პირდაპირი ლეზვა
- დისპერსული ლეზვა
- კუბური ლეზვა
- ლეზვა აქტიური საღებრებით
- მასაში ლეზვა
- სუბლიმაციური ლეზვა
- თერმული გადატანით ლეზვა

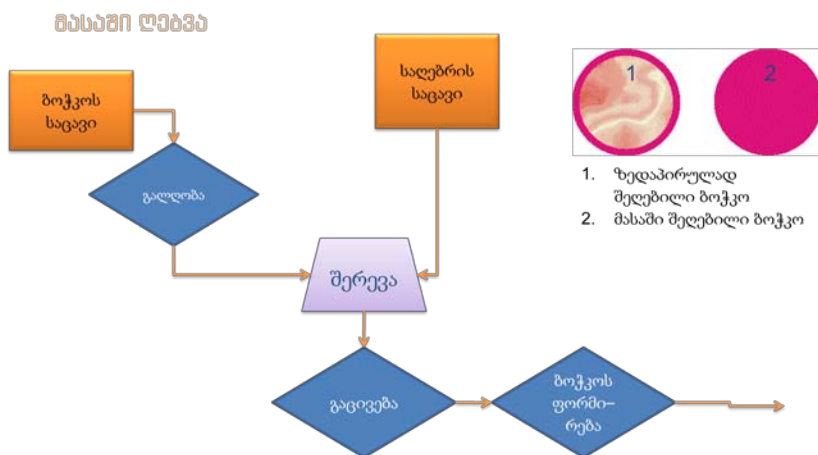
ლეზვის შემდგომი დამუშავება ითვალისწინებს ბოჭკოს ზედაპირზე საღებრის საბოლოო ფიქსაციას, „ჭარბი“, დაუფიქსირებელი საღებრის მოცილებას, დაჩითვას და ა.შ. იგი ვარირებს გამოყენებული მასალის ბუნებისა და მისადმი წაყენებული ტექნიკური თუ სამომხმარებლო მოთხოვნების მიხედვით.

მასაში ლეზვა

პოლიმერული მასალის (ბოჭკო, პლასტმასა) მასაში ლეზვა ითვალისწინებს გამღლვადი პოლიმერისა და საღებრის (პიგმენტის) ურთიერთშერევას.

მას, როგორც წესი, მიმართავენ პლასტიკური მასების ლეზვისათვის. თუმცა ანალოგიური ტექნოლოგიით შეიძლება შეიღებოს ბოჭკოც. ბოჭკოს მასაში ლეზვის ყველაზე გავრცელებული სახეა მისი გათეთრების პროცესი. სხვადასხვა ბოჭკოს პოლიმერი (განსაკუთრე-

ბით პოლიესტერები) შეუღებავ მდგომარეობაში არ ხასიათდებიან „აშკარა სითეთრით“. ამიტომ აუცილებელი ხდება მათი თეთრი პიგმენტებით შეღებვა. ორგანულ საღებრებში თეთრი პიგმენტი არ მოიძიება, ამიტომ საფეიქრო მრეწველობა იძულებულია გამოიყენოს არაორგანული პიგმენტები (მაგალითად TiO_2). მათი პოლიმერულ მასალაზე ფიქსაციის საუკეთესო საშუალება კი არის ბოჭკოს სტრუქტურის ფორმირებამდე პიგმენტისა და პოლიმერული მასალის შეღებვა - მასაში ღებვის პროცესის ჩატარება. ამიტომ, ასეთი მეთოდით დამუშავებული ბოჭკოების მიკროსკოპული ანალიზისას ბოჭკოს ზედაპირზე ყოველთვის შეინიშნება არაორგანული პიგმენტების ნაწილაკებიც.



ნახ. 12. მასაში ღებვის პროცესის

პირდაპირი ღებვა

პირდაპირი ღებვა გამოიყენება ჰიდროფილური ბოჭკოების ღებვისათვის. საღებრებად აიღება წყალში ხსნადი ნაერთები. ასეთი საღებრები თითქმის ყოველთვის მოიცავენ სულფო და/ან კარბოქსილის ჯგუფებს. ამდენად მათი ანალიზისას იწ სპექტრზე ყოველ-

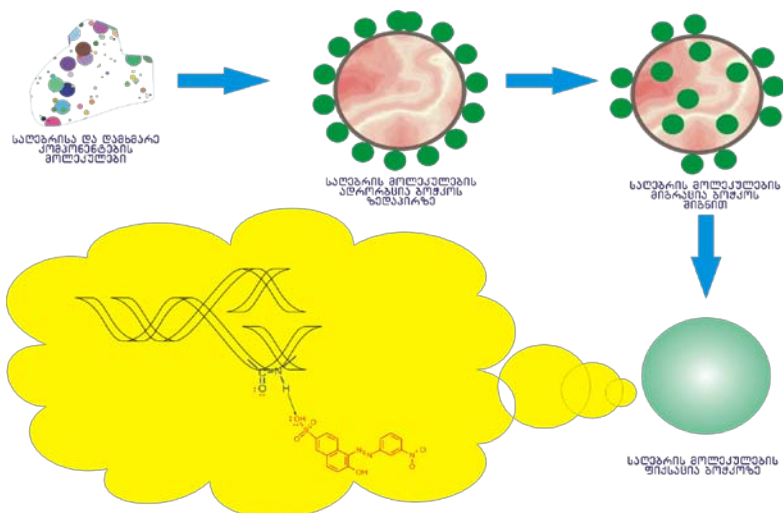
თვის შეინიშნება ამ ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი შთანთქმის ზოლები.

ღებვის პროცესის ჩატარებისათვის ამზადებენ სამღებრო აბაზანას, რომელიც მოიცავს წყალს (გამხსნელს), საღებარს (1-2% შესაღები მასალის წონის მიხედვით) და დამხმარე ნერთებს (მარილები, მჟავა). ამ უკანასკნელთა დანიშნულებაა ბოჭკოს ზედაპირზე ჭარბი მუხტის მოცილება და საღებრის მოლეკულების თანაბრად განაწილება.

ღებვა წარმოებს 30-40 °C (პირველი სტადია) და 80-90°C-ზე (მეორე სტადია).

ბოჭკოს სამღებრო აბაზანაში მოთავსების შემდეგ საღებრის მოლეკულები იწყებენ მიგრაციას ბოჭკოს ზედაპირისაკენ და ადსორბირდებიან. მეორე ეტაპს წარმოადგენს საღებრის მოლეკულების დიფუზია ბოჭკოს მოლეკულის შიგნით, ხოლო დასკნით საფეხურზე საღებრისა და ბოჭკოს მოლეკულებს შორის მყარდება წყალბადური ბმები. ამ ძალების საშუალებით საღებარი ფიქსირდება ბოჭკოზე „სამუდამოდ“ (ნახ. 13).

თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ წყალბადური ბმები თავისი ბუნებით არ მიეკუთვნებიან სტაბილურ ბმებს, საღებრის გამორეცხვა ბოჭკოდან შედარებით ადვილად არის შესაძლებელი. საღებრის ექსტრაგირებას ხელს უწყობს ის ფაქტიც, რომ პირდაპირი საღებრები თავად კარგად იხსნებიან წყალში.



ნახ. 13. პირდაპირი ღებრის მეთოდით ბოჭკოს ღებრის ფიზიკურ-ქიმიური არსი

დისპერსული ღებრა

დისპერსული ღებრის მეთოდის დროს გამოიყენება წყალში უხსნადი, მაგრამ სხვადასხვა ორგანულ გამხსნელებში ხსნადი დისპერსული საღებრები (ან პიგმენტები). მათი საშუალებით შესაძლებელია შეიღებოს ჰიდროფობური ბოჭკოები.

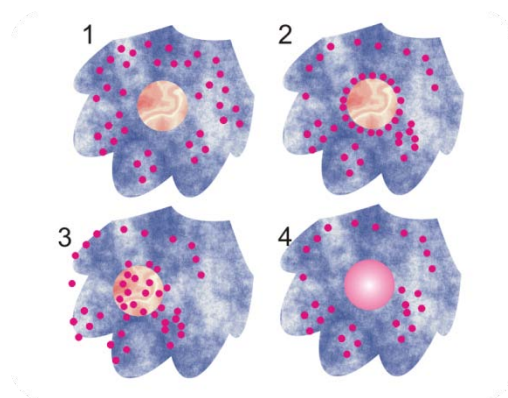
თვით ღებრის პროცესი ძალიან ემსგავსება პირდაპირი ღებრის მეთოდს, მაგრამ ვინაიდან ასეთი ბოჭკოები არ მოიცავენ პოლარიზებულ ჯგუფებს, შესაბამისად არც ელექტროლიტები გამოიყენება სამღებრო აბაზანაში. მათ ნაცვლად იღებენ ზედაპირულად აქტიურ ნაერთებს, რომელთა დანიშნულებაა ბოჭკოს აქტივირება, გაჯირჯება და მისი შიგა სტრუქტურების დასველება.

მიუხედავად იმისა, რომ დისპერსული საღებრები წყალში არ იხსნებიან, სამღებრო აბაზანის სადისპერსიო არეს მაინც წყალი წარმოად-

გენს, ხოლო საღებრის მოლეკულების დიფუნდირება მიიღწევა ზედაპირული აქტიური ნაერთების მოქმედებით.

სამღებრო აბაზანაში საღებრისა და ზედაპირულად აქტიური ნაერთის (ზან) შერევით მიიღება მდგრადი სუსპენზია. პიგმენტის მოლეკულები ზან-ის მოლეკულების დახმარებით მიიზიდება ბოჭკოსაკენ და ადსორბირდებიან მის ზედაპირზე. შემდეგ სტადიაზე ადგილი აქვს პიგმენტის მოლეკულების დიფუზიას ბოჭკოს შიგნით და დამაგრებას ელექტროსტატიკური ძალებით (ნახ. 14).

დისპერსული ლეზვის პროცესის ფიზიკურ-ქიმიური ასპექტების გათვალისწინებით საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია შეღებილი ქსოვილიდან საღებრის ექსტრაგირება. კერძოდ, ექსტრაგირებას ხელს შეუწყობს ისეთი ფაქტორები, როგორიცაა ზან-ის მოლეკულების დამატება და ტემპერატურა. გარდა ამისა, შეიძლება მოძებნილი იქნას ისეთი ორგანული გამხსნელი, რომელიც ბოჭკო არ გაიხსნება, ხოლო საღებარს კი ექნება ხსნადობა. დისპერსული საღებრები წარმოადგენენ არომატული ფრაგმენტების შემცველ ნაერთებს და, როგორც წესი, იხსნებიან არომატულ ნახშირწყალბადებში.

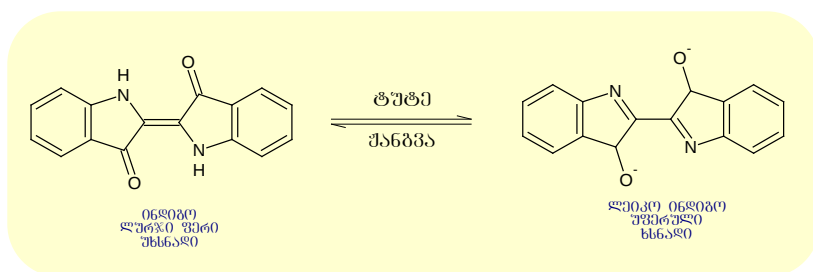


ნახ. 14. დისპერსული ლეზვის მეთოდით ბოჭკოს ლეზვის ფიზიკურ-ქიმიური არსი

კუბური ღებვა

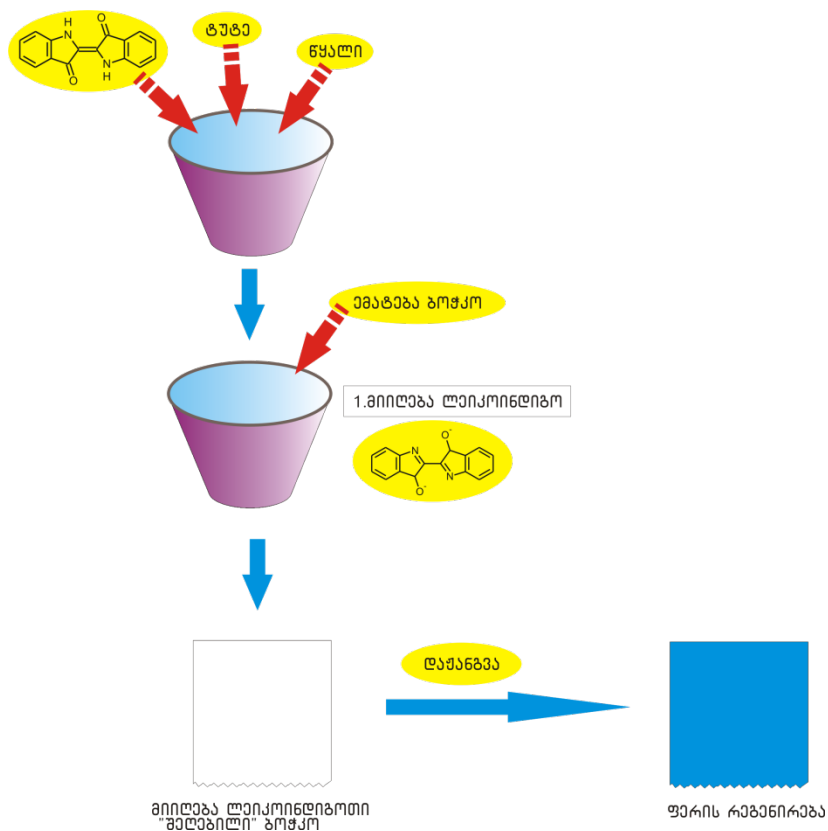
კუბური ღებვის მეთოდი ძირითადად გამოიყენება ცელულოზური ბოჭკოების ღებვისათვის. ღებვის პროცესის დამახასიათებელი ნიშანთვისება არის ბოჭკოს „შეღებვა“ საღებრის აღდგენილი - ლეიკო ფორმით.

გარკვეული ტიპის საღებრების წყალში ხსნადობის მიღწევა შესაძლებელია მათი აღდენით. ასეთი საღებრები, როგორც წესი, მოიცავენ კეტონურ ჯგუფებს და იწოდებიან კუბურ საღებრებად. ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილ კუბურ საღებარს წარმოადგენს ინდიგო და ხშირად კუბურ საღებრებს ინდიგოიდურ საღებრებსაც უწოდებენ.



ნახ. 15. ინდიგოს გარდაქმნა ლეიკო-ინდიგოში

კუბური ღებვის პროცესის დროს სამღებრო აბაზანაში ბოჭკოს მოთავსების წინ ჯერ ახორციელებენ ინდიგოს გარდაქმნას ლეიკო-ფორმაში. ლეიკო-ფორმა წყალში იხსნება და იწყებს ბოჭკოს შიგა სტრუქტურებისაკენ მიგრაციას წინა შემთხვევების ანალოგიურად. ღებვის დასკვით საფეხურზე საღებრის ლეიკო-ფორმა ექვემდებარება დაჟანგვას, რის შედეგადაც საღებრის თავდაპირველი სტრუქტურა და შესაბამისად ფერი კვლავ აღდგება (ნახ. 16).



ნახ. 16. კუბური საღებრებით ღებვა

ზემოთ მოყვანილი პროცესიდან გამომდინარე, კუბური მეთოდით შეღებილი ბოჭკოდან საღებრის ექსტრაგირება შესაძლებელია საღებრის გარდაქმნით ხსნად (აღდგენილ ფორმაში). ლეიკო-ფორმის ექსტრაგირების შემდეგ საჭიროა ლეიკო-საღებრის დაჭანგვა.

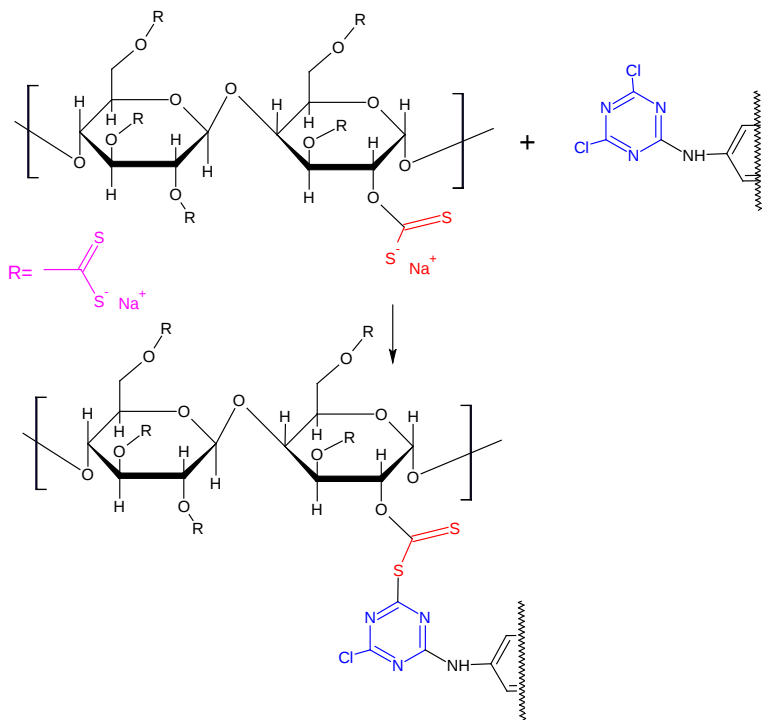
ღებვა აქტიური საღებრებით

აქტიური ეწოდებათ ისეთ საღებრებს, რომელნიც მოიცავენ აქტიურ ჯგუფებს - ანუ ფუნქციურ ჯგუფებს (მაგალითად ციანურ ქლორიდის), რომლებიც ბოჭკოსთან ამყარებენ კოვალენტურ კავშირებს. აქტიური საღებრები მაღალი თვითღირებულებისანი არიან და მათ შედარებით ნაკლებად იყენებენ ბოჭკოების ღებვისათვის.

აქტიური საღებრები ძირითადად გამოიყენება ცელულოზური, ვისკოზური და პროტეინული ბოჭკოების შესაღებად.

ღებვის პროცესი ანალოგიურია დისპერსული საღებრებით ბოჭკოების ღებვისა. მნიშვნელოვანი განსხვავება არის მხოლოდ დასკვნით სტადიაზე, როდესაც საღებრის ფიქსაცია ბოჭკოზე ხდება საღებარსა და ბოჭკოს შორის ქიმიური რეაქციით, რომელიც მთავრდება მათ შორის მდგრადი კოვალენტური ბმის წარმოქმნით (ნახ. 17).

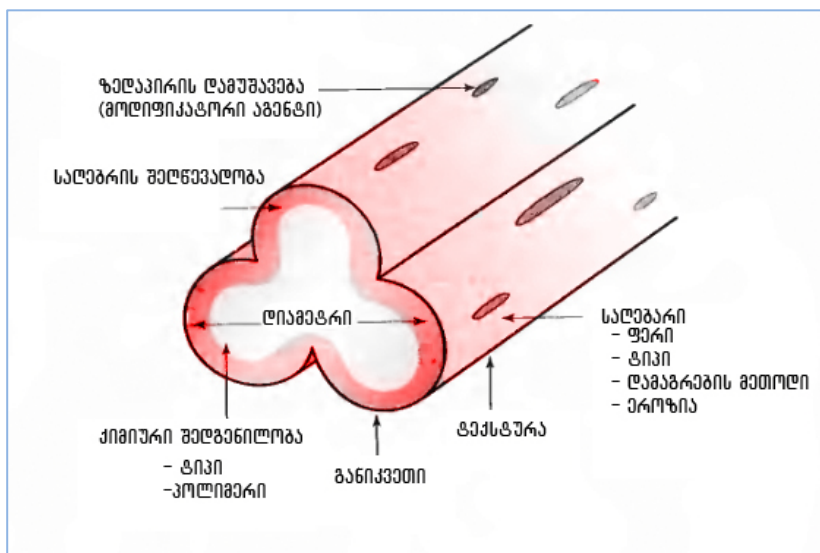
როგორც ზემომოყვანილი პროცესის აღწერიდან ჩანს, საღებრის ექსტრაგირება გამხსნელების საშუალებით შეუძლებელია, ვინაიდან საღებარი შეღებვის შემდეგ წარმოადგენს უკვე ბოჭკოს შემადგენელ ნაწილს.



ნახ. 17. ვისკოზას აქტიური საღებრით ღებვა

ბოჭკოების ანალიზი

კრიმინასლიტიკური თვალსაზრისით საინტერესოა ბოჭკოს ისეთი მახასიათებელი სიდიდეები, როგორიცაა მისი ქიმიური შედგენილობა, კვეთის ფორმა, ზედაპირის ტექსტურა, საღებრის შეღწევადობა, ზედაპირის დამუშავება, საღებრის ფერი, ქიმიური შედგენილობა და ბოჭკოზე მისი დამაგრების მეთოდი. სქემატურად, ბოჭკოს საანალიზო პარამეტრები მოცემულია ნახ. 18-ზე.



ნახ. 18. ბოჭკოს საანალიზო პარამეტრები

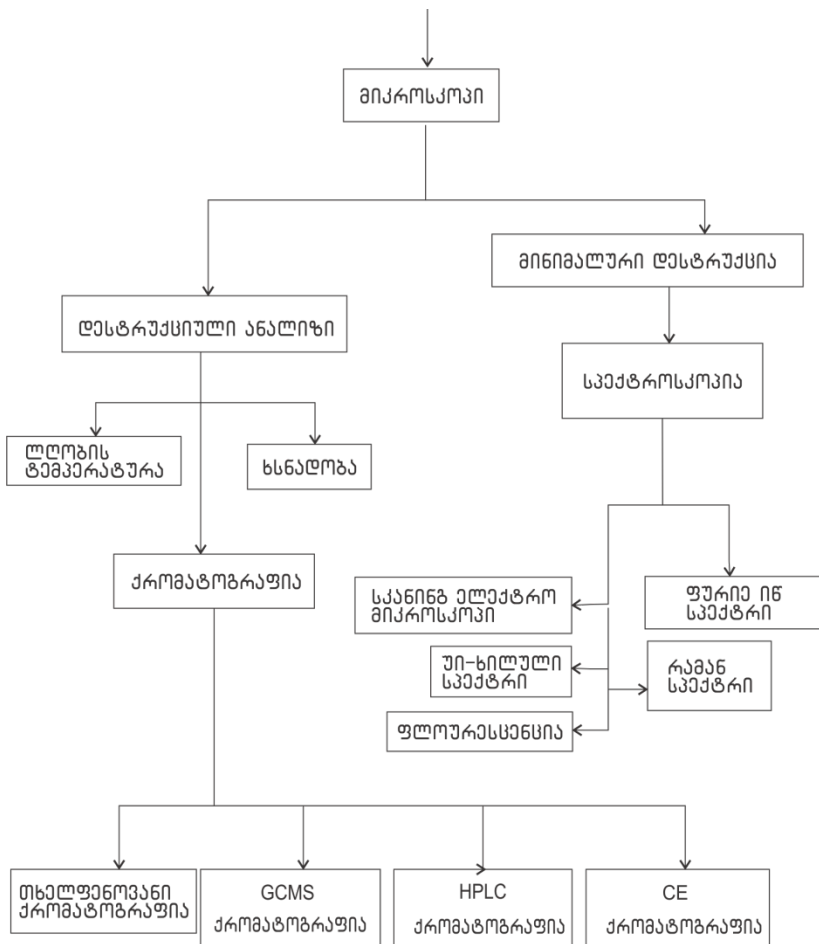
როგორც მოყვანილი ნახაზიდან ჩანს, ბოჭკოს ანალიზისათვის ერთ-ერთი მთავარი პარამეტრი არის მისი ქიმიური შედგენილობა.

ასევე მნიშვნელოვანია ბოჭკოს დიამეტრი და განიკვეთის პროფილი. ამ უკანასკნელი ორი პარამეტრით ხშირად შეიძლება დადგენილი იქნას, თუ რა მასალის დასამზადებლად არის იგი გამოყენებული. მაგალითად, ხალიჩის ბოჭკოები შედარებით უფრო დიდი დიამეტრით ხასიათდებიან და როგორც წესი მილოვანი აღნაგობა აქვთ. შედარებით უფრო პატარა განიკვეთის და მასიური ბოჭკოები ტანსაცმელსა და სხვა მსგავს ნაკეთობებში გვხვდება. მნიშვნელოვანი პარამეტრია განიკვეთის ფორმა (პროექცია), ვინაიდან მისი საშუალებით შეიძლება განისაზღვროს ბოჭკოს სხვა მრავალი პარამეტრიც. მაგალითად, ბრტყელი განიკვეთის ფორმა მიუთითებს, რომ ბოჭკო ბამბისაა. ბოჭკოს ფერი და საღებრის ბოჭკოზე დამაგრების მეთოდს ასევე მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მოცემა შეუძლია. მაგალითად, წითელი ფერმქერი საღებარი ბოჭკოზე სხვა ფერს იძლევა და მაგრდება განსხვავებული მეთოდით, ვიდრე სხვა წითელი კათიონური საღებარი.

ღებვის ტექნოლოგია ღებვის წინ ხშირად იყენებს ბოჭკოს ზედაპირის მოდიფიკატორებით დამუშავებას. ღებვის შემდეგ, ამგვარი ნაერთების კვალი მასზე კვლავ რჩება და ხშირად მიკროსკოპში ადვილად დაიკვირვება.

ყოველივე აქედან გამომდინარე, შეიძლება თამამად ითქვას, რომ მხოლოდ ერთი მოწყობილობით – მიკროსკოპით ან პოლარიზებული განათების მიკროსკოპით ხშირად შესაძლებელია ბოჭკოს შესახებ ამომწურავი ინფორმაცია მივიღოთ კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით.

კრიმინალისტიკაში ბოჭკოს ანალიზის არაერთი მეთოდოლოგიაა შექმნილი, რომელთა შორის უნდა აღინიშნოს SWGMAT[2] და ASTM [3]. ბოჭკოს ანალიზის საფეხურები და მეთოდები სქემატურად გამოსახულია ნახ. 19–ზე.



ნახ. 19. ბოჭკოს ანალიზის მეთოდები, რომელიც დაყოფილია ბოჭკოს დესტრუქციულ და არადესტრუქციულ ან ნაკლებად დესტრუქციულ მეთოდებზე

თითოეული მეთოდი მოკლედ განხილული იქნება ქვემოთ მოყვანილ პარაგრაფებში.

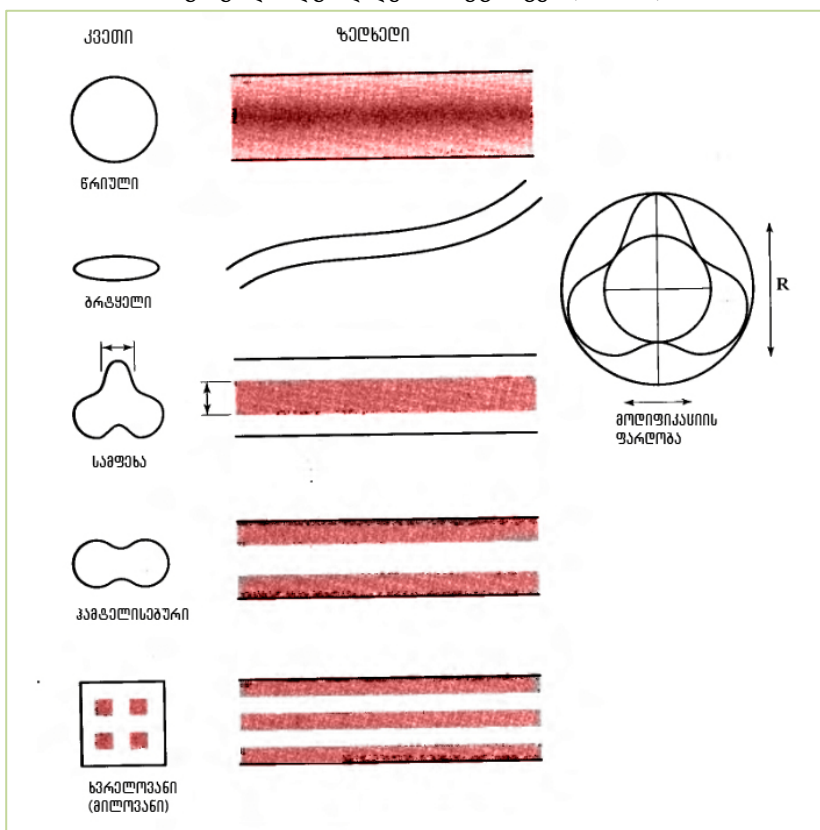
ბოჭკოს ოპტიკური თვისებების დადგენა მიკროსკოპით ხშირად საკმარისია მისი ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრისათვის. გამოცდილ ექსპერტს შეუძლია ადვილად ამოიცნოს ისეთი ბუნებრივი ბოჭკოები, როგორიცაა შალი, ბამბა, აბრეშუმი და ა.შ. და განასხვავოს სინთეზური ბოჭკოებისაგან. რაც შეეხება სინთეზურ ბოჭკოებს, მათი კლასიფიცირება შეიძლება შემდეგი ოპტიკური და ფიზიკური თვისებებით:

1. **ზოგადი მორფოლოგია.** დიდი გადიდებისას ბოჭკოს გარეგნული სახე იძლევა ინფორმაციას მისი ზედაპირის ტექსტურის, ხაზოვანობის, სრულყოფილების, დესტრუქციის და სხვა შესახებ. ბოჭკოზე ასევე შეიძლება შენიშნული იქნას დამქრქალების აგენტები (მაგ. TiO_2), რომელთა ზომა როგორც წესი, არ აღემატება 1 მკმ–ს. თუ ლეზვისათვის პიგმენტებია გამოყენებული, მაშინ ისინი მიკრონაწიკალების სახით ჩანს, ხოლო საღებრებით შეღებვისას კი შეინიშნება საღებრის მოლეკულების შეღწევა ბოჭკოს შიგა სტრუქტურებშიც. ბოჭკოების წინასწარი მორფოლოგიური გამოკვლევისათვის საჭიროა, ბოჭკო მოთავსებული იყოს ჰაერში ან დამაგრებული ისეთ ზედაპირზე, რომლის რეფრაქციის ინდექსი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ბოჭკოს რეფრაქციის ინდექსისაგან, რათა მიღწეული იყოს კონტრასტულობის დიდი ხარისხი. ნათელი ველის მეთოდით განათება ან პოლარიზებულ სხივური მიკროსკოპი (PLM) არის სავსებით მისაღები.
2. **განიკვეთი და დიამეტრი.** ბოჭკოს ან ბოჭკოების გაკვეთა, როგორც წესი ერთ-ერთი რთული, თუმცა აუცილებელი პროცედურაა. განიკვეთის ფორმა ასევე იძლევა ბოჭკოს

ქიმიური კლასიფიკაციის საშუალებას. ნახ. 20–ზე მოცემულია, სხვადასხვა ტიპის ბოჭკოს ზედაპირული სახეები და მათი კვეთის ფორმები. პრაქტიკიდან გამომდინარე, ხშირად ექსპერტს შეუძლია ბოჭკოს გარეგნული იერის (ზედხედი) საშუალებით განსაზღვროს მისი განიკვეთის ფორმა და ამით თავიდან აირიდოს ბოჭკოს კვეთის რთული პროცედურა. PLM მიკროსკოპში ადგილი აქვს ფერის ინტერფერენციას და ფერის გრადაციულ გადასვლებს (როგორც მაგალითად ტოპოგრაფიულ რუკაზე) .

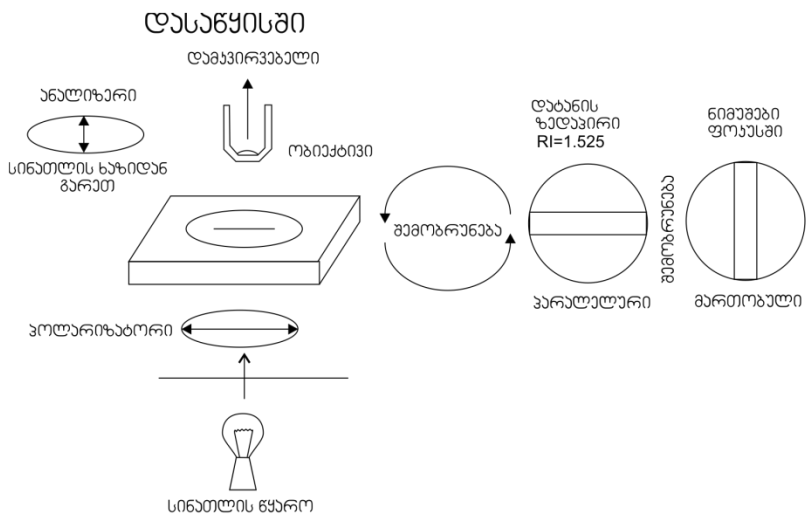
3. **დიქროიზმი და პლეოქრომიზმი.** მასალის დიქროიზმს ადგილი აქვს მაშინ, როდესაც იგი ორ ფერს იძლევა. უფრო მეტი ფერის წარმოქმნისას ადგილი აქვს პლეოქრომიზმს. გარკვეულ ბოჭკოებს პოლარიზებული სხივის დანათებისას ახასიათებთ დიქროიზმი (ან პლეოქროიზმი).
4. **იზოტროპია და ანიზოტროპია.** მასალებს, რომელთაც არ გააჩნიათ რეგულარული კრისტალური სტრუქტურა (მაგ. მინა), აქვს ერთი რეფრაქციის ინდექსი და კლასიფიცირდებიან როგორც იზოტროპულები. ანიზოტროპული მასალები კი ხასიათდებიან სხვადასხვა რეფრაქციის ინდექსით, რომელიც დამოკიდებულია მათ ორიენტაციაზე პოლარიზებულ სხივში. მაგალითად, ბამბას, თავისი სტრუქტურიდან გამომდინარე, ახასიათებს ანიზოტროპია. სინთეზურ ბოჭკოებს, რომელთაც უფრო მეტი კრისტალური აღნაგობა აქვთ, უფრო მეტად შეინიშნება ანიზოტროპულობა.
5. **რეფრაქციის ინდექსი და ორმაგშუქთა ტეხვა.**
რეფრაქციის ინდექსი ბოჭკოებისათვის შეინიშნება მაშინ, როდესაც გვაქვს სხვადახვა გარდატეხის მაჩვენებლების მქონე ორი ობიექტი. ამ თვალსაზრისით ბექის ხაზის (Backe line technique) ტექნიკა არის ერთ-ერთი ყველაზე

მარტივი მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს საკვლევი ობიექტის მოთავსებას ზედაპირზე ცნობილი გარდატეხის მაჩვენებლით (მაგ. 1.525). გამჭოლი განათებულობის პირობებში ობიექტში მიიღება ზოლი, რომელიც გადაადგილდება კვლევის ობიექტის გადაადგილებასთან ერთად და ზოლის მოძრაობის მიმართულება დამოკიდებულია გარდატეხის მაჩვენებლების ფარდობასთან. თუ უფრო მეტია ბოჭკოს გარდატეხის მაჩვენებელი, ვიდრე 1.525, მაშინ იგი გადაადგილდება ბოჭკოსკენ (ნახ. 21).

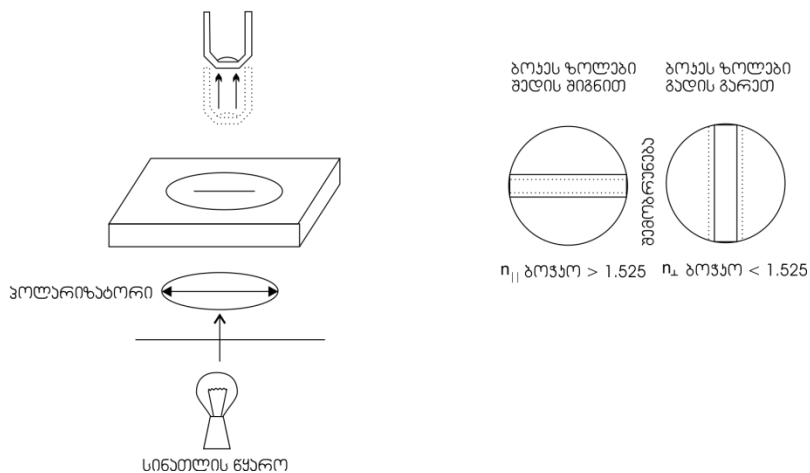


ნახ. 20. ბოჭკოს კვეთების მაგალითები

6. **წაგრძელების მნიშვნელობა.** ორმაგსხივთა ტეხვის მასალის წაგრძელების მნიშვნელობა დგინდება რეფრაქციის $n_{\parallel}$ და $n_{\perp}$ მნიშვნელობების შედარებით. თუ $n_{\parallel} > n_{\perp}$, მაშინ მნიშვნელობა დადებითია, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი - უარყოფითი.
7. **ინტერფერენციული ფერები.**
 ნახ. 21-ზე მოცემულ სქემაში თუ ანალიზატორს მოვათავსებთ სინათლის გავრცელების ზოლში, მაშინ შესაძლებელია დამატებითი ინფორმაციის მიღება საკვლევი ბოჭკოს შესახებ. კერძოდ, თუ მასალა იზოტროპულია, მაშინ შეინიშნება შავი ველი. ხოლო თუ ანიზოტროპულია, მაშინ ჩნდება ინტერფერენციული ფერები. ბოჭკოს შემობრუნებით ინტერფერენციული ფერების სიმკვეთრე იზრდება, ხოლო გარკვეულ კუთხეზე კი საერთოდ ქრება და მიიღება შავი ველი. კუთხეს, რომელზეც ბოჭკოს შემობრუნებისას შავი ველი ჩნდება, ეწოდება *ჩაქრობის კუთხე*. იგი მეორდება ყოველი 90° -ით შემობრუნებისას. მაქსიმალური კონტრასტი კი მიიღება 45° -ზე. ინტერფერენციული ფერების წარმოქმნა ნაჩვენებია ნახ. 22 და ნახ. 23-ზე.

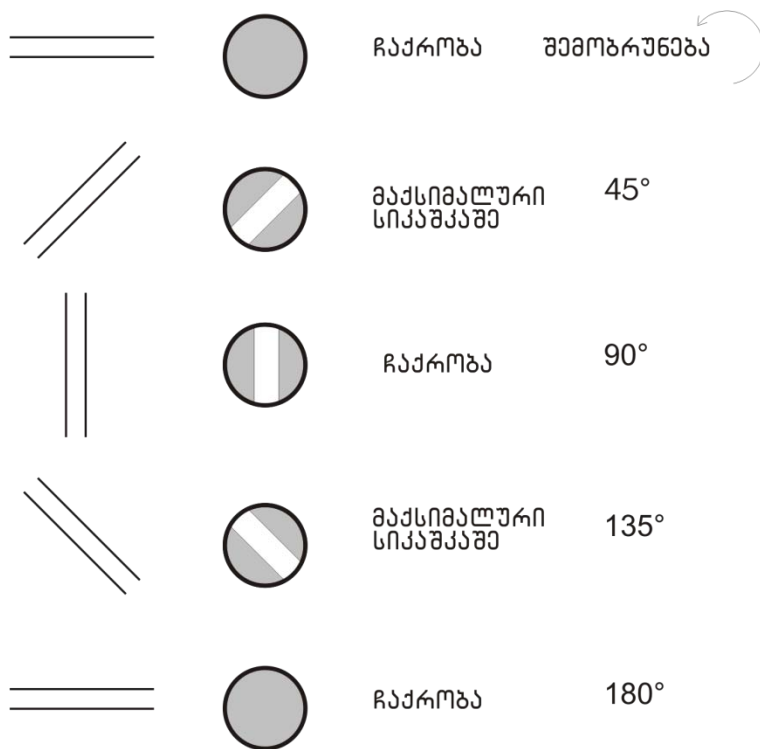


ფოკუსის ანგის შემდეგ

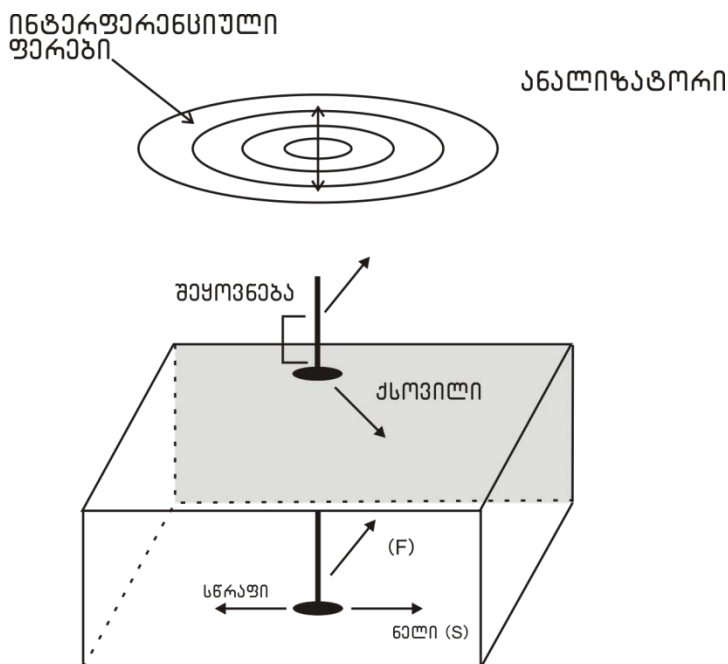


ნახ. 21. მასალების ფარდობითი გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრის მეთოდი ბოკუს მიხედვით

ბოჭკოს ორიენტაცია



ნახ. 22. ანიზოტროპული ბოჭკო ჯვარედინ პოლარიზაციაში. როდესაც, ბოჭკოს გრძელი ღერძები პარალელურია პოლარიზატორისა, ბოჭკო უზინარდება შავი ფორმის ქვეშ, ხოლო 45°-ზე იძლევა კაშკაშა ინტერფერენციულ ფერებს



ნახ. 23. ინტერფერენციული ფერების წარმოქმნა

ლობის თემპერატურისა და ხსნადობის თესთი

ბოჭკოების ლობის ტემპერატურის განსაზღვრა შესაძლებელია მიკროსკოპის ქვეშ სინჯის ფრთხილი გაცხელებით. ბოჭკოების გაღლობით ადგილი აქვს მისი სრუქტურის დესტრუქციას და დამოკიდებულია მის შედგენილობასა და აღნაგობაზე. ბოჭკოს გაღლობის დროს ირღვევა როგორც მოლეკულათშორისი ძალები, ისე შიგამოლეკულური. უმჯობესია ბოჭკოს ლობის ტემპერატურის დადგენისას (საკვლევი ობიექტის გაღლობისას) საკვლევი ობიექტთან ერთად მოთავსდეს საკონტროლო ბოჭკოს ნიმუშიც,

თუ ეს შესაძლებელია. საკონტროლო ნიმუშის თანაარსებობა სასურველია იმიტომ, რომ ბოჭკოების უმეტესობას აქვს ამორფული აღნაგობა და შესაბამისად, არ გააჩნიათ ლლობის ტემპერატურის მკაცრად გამოხატული წერტილი. გაცხელებისას (მოლეკულათშორისი ძალების დესტრუქციისას) ბოჭკო თანდათანობით გადადის ჯერ დენად ბლანტ მასაში (ფისის მაგვარი კონსისტენცია), ხოლო შემდეგ თხევადდება. გარდა ამისა, აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გარკვეული ტიპის ბოჭკოები ლლობის ტემპერატურის მიღწევამდე განიცდიან სრულ დაშლას ან მათი ლლობის ტემპერატურა იმდენად მაღალია, რომ შეუძლებელია მათი გაღლობა მიკროსკოპის ქვეშ (ცხრილი 3).

ხსნადობის დადგენაც ასევე დესტრუქციული ანალიზის მეთოდს მიეკუთვნება. მას დღეისათვის შედარებით ნაკლებად იყენებენ. ანალიზისათვის, როგორც წესი, გამოიყენება დიმეთილფორმამიდი, ციკლოჰექსანონი და ნიტრომეთანი.

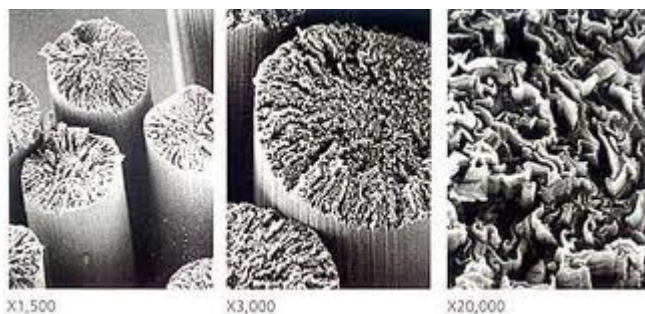
ცხრილი 3. ზოგიერთი სინთეზური ბოჭკოს ოპტიკური თვისებები და ლლობის ტემპერატურა

პოლიმერი	ქვეტიპი	T _ლ	n	n _⊥	ორმაგ სხივთა კვეთა	წაგრძელების ხმაინი
აცეტატი	დიაცეტატი	250-260	1.474 - 1.479	1.473 - 1.477	0.002 - 0.005	+
აცეტატი	ტრიაცეტატი	288-300	1.469 - 1.472	1.468 - 1.472	0.000 - 0.001	+, -
აკრილონიტრილი	აკრილური	არ ლღვება	1.510-1.520	1.512 - 1.525	0.001 - 0.005	-
აკრილონიტრილი	მოდაკრილური ვერელი	არ ლღვება	1.538 - 1.539	1.538 - 1.539	0.000 - 0.001	-
არამიდი	კვერალი	425	2.050 - 2.350	1.641 - 1.646	0.200 - 0.710	+
არამიდი	ნომექსი	371	1.800 -	1.664 -	0.120 -	+

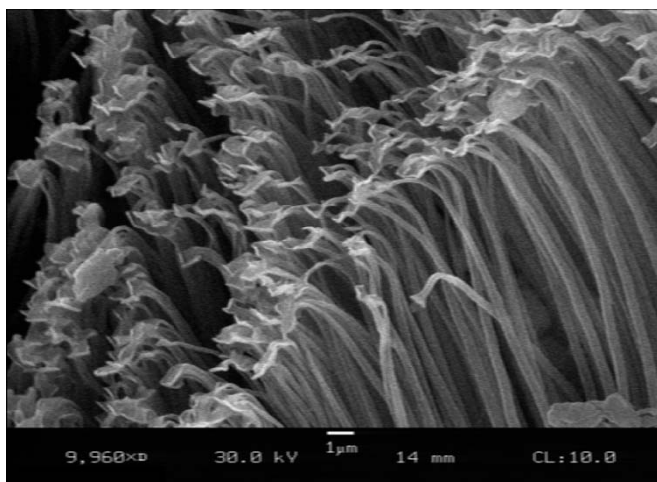
			1.900	1.680	0.230	
აზლონი		265-275				
ცელულოზური	კუპრო	არ ლღვება	1.548 - 1.562	1.519 - 1.528	0.021 - 0.037	+
ცელულო- ზური	ლიოსელი	არ ლღვება	1.562 - 1.564	1.520 - 1.522	0.044	+
ცელულო- ზური	რეიონი	არ ლღვება	1.541 - 1.549	1.520 - 1.521	0.020 - 0.028	+
ფთორბოჭკო (ტეფლონი)		288-300; ნაწილობ რივ იმლება	1.389	1.35	0.039	+
მინა		არ ლღვება				იზოტ- როპუ- ლი 1.541 - 1.552
ნოვოლოიდი		არ ლღვება	1.649	1.649	0.000 - 0.002	-
ნაილონი	1	182-186	1.553	1.507	0.046	+
ნაილონი	6	210-230	1.568 - 1.583	1.525 - 1.526	0.049 - 0.061	+
ნაილონი	6.6	250-264	1.577 - 1.582	1.515 - 1.526	0.056 - 0.063	+
ნიტრილი		218	1.464 - 1.480	1.464 - 1.480		-
ოლეფინი	პოლიეთილენი	120-138	1.568 - 1.574	1.518 - 1.522	0.050 - 0.052	+
ოლეფინი	პოლიპროპი- ლენი	160-175	1.520 - 1.530	1.491 - 1.496	0.028 - 0.034	+
პოლიესტერი	PBT	221-222	1.688	1.538 - 1.540	0.148 - 0.150	+
პოლიესტერი	PCDT	282-290	1.632 - 1.642	1.543 - 1.542	0.098 - 0.102	+
პოლიესტერი	PET	250-270	1.699 - 1.710	1.535 - 1.546	0.147 - 0.175	+
სარანი		150-176	1.599 - 1.610	1.607 - 1.618	0.008	-
ვინალი			1.540 - 1.547	1.510 - 1.522	0.025 - 0.030	+
ვინიონი	PVC	არ ლღვება	1.527- 1.541	1.524 - 1.536	0.002 - 0.005	+

1968 წლის დეკემბერში ერთ-ერთ პოლიციის განყოფილებაში გამოცხადდა აღელვებული მამაკაცი. აღელვებისაგან ძლივს აუხსნა მორიგეს მისი გაღიზიანების მიზეზი. გაირკვა, რომ წინა ღამით მასზე მოხდა შეიარაღებული თავდასხმა. სიზნელის გამო თავდამსხმელი ვერ გაარჩია, მაგრამ ეჭვობდა, რომ ის შეიძლება ჩაედინა პიროვნებას, რომელიც მასთან დიდი ხანია მტრობაში იყო. პოლიციაში მან წარმოადგინა ნივთიერი მტკიცებულებებიც - პალტო და ქუდი, რომელზეც შეინიშნებოდა 33 წვრილი ნახვრეტი. ჩანდა, რომ იგი შემთხვევით გადაურჩა სიკვდილს. ძიებამ გადაინაცვლა დანაშაულის ჩადენის ადგილზე. დაზარალებულმა გამომძიებელს მიუთითა სროლის ტრაექტორია. მოკვლევით მხოლოდ ერთი ცალი საფანტი იქნა ნაპოვნი, რაც როგორც ნათელია ვერ გამოდგებოდა საკმარის მტკიცებულებად...

...აღნიშნულ საქმეში გადამწყვეტი მნიშვნელობა იქონია კრიმინალისტების დასკვნამ. ქსოვილის ბოჭკოს შესწავლისას ექსპერტებმა დადგინეს, რომ პალტოზე და ქუდზე შეინიშნებოდა ნაკვეთი ჭრილობები, რომელიც მიყენებული იყო მჩხვლეტავ-მკვეთავი იარაღით, და არა ცეცხლსასროლით. აღნიშნული დასკვნის გაკეთების საშუალება ექსპერტებს მისცა დაზიანების ადგილზე ბოჭკოს მიკროსკოპულმა შესწავლამ. კერძოდ ბოჭკოს გაწყვეტის ადგილებზე არ შეინიშნებოდა თერმული ზემოქმედება. ტყვია, მოძრაობს რა დიდი სისწრაფოთ და შესაბამისად გააჩნია დიდი კინეტიკური ენერგია, ბოჭკოსთან შეხებისას იწვევს მასზე თერმულ მოქმედებას. გაწყვეტილი ბოჭკოს ადგილებზე ყოველთვის შეინიშნება (სინთეზური ბოჭკოების დროს) ქსოვილის გაღლობაც.



ნახ. 24. გაკვეთილი ბოჭკოს ფრაგმენტები



ნახ. 25. გაკვეთილი ბოჭკოს ფრაგმენტები თერმული ზემოქმედების კვალით

ქრომატოგრაფია

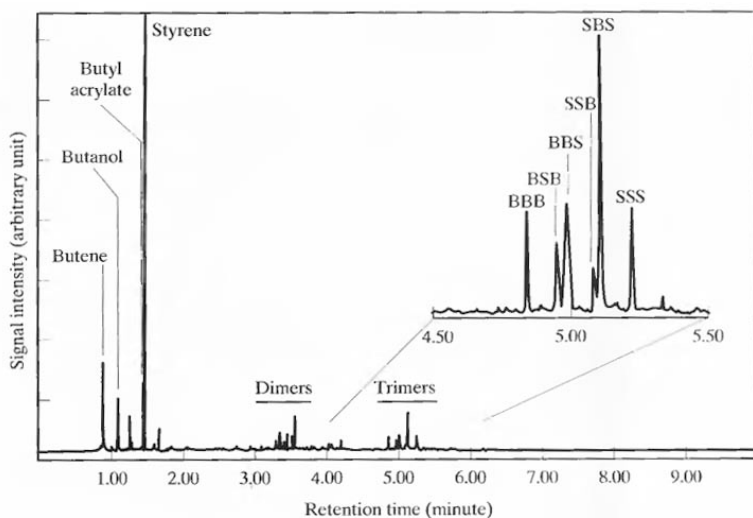
ქრომატოგრაფიული მეთოდის გამოყენება ბოჭკოების ანალიზისას საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ინფორმაცია ბოჭკოს ქიმიური შედგენილობის, საღებრებისა და სხვა ქიმიური კომპონენტების შესახებ. იგი ლღობის ტემპერატურისა და ხსნადობის დადგენის მეთოდის მსგავსად მიეკუთვნება ანალიზის დესტრუქციულ მეთოდს, თუმცა მათგან განსხვავებით შედარებით ინფორმაციულია.

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია ხშირად გამოიყენება ბოჭკოზე დატანილი საღებრების ანალიზისათვის. ქრომატოგრაფიული ანალიზის ჩატარებამდე აუცილებელია მიკროსკოპული ანალიზის ჩატარება ბოჭკოს კლასის განსაზღვრისათვის, რათა თავიდან ავიცილოთ ბოჭკოს გახსნაც შერჩეულ გამხსნელში. ღებვისათვის გამოყენებული საღებრები შეიძლება სამ დიდ ჯგუფად დაიყოს: წყალში ხსნადი, დისპერსული (ორგანულ გამხსნელებში ხსნადი) და პიგმენტები. პირველი ორი ტიპის საღებრების გამოხსნა ბოჭკოდან შედარებით მარტივია, ხოლო პიგმენტების (მაგ. ინდიგო) შედარებით გართულებულია. ამიტომ თითოეული ბოჭკოსა და გამოყენებული საღებრისათვის საჭიროა გეგმაზომიერი მიდგომა.

ამ მიზნით შემუშავებულია სპეციალური სტანდარტი ASTM Standard E 2227-02 [4] პროცედურები, რომელშიც მოცემულია თფქ ტექნიკა, ექსტრაქციული სისტემები და გამხსნელების სისტემები.

დღეისათვის ბოჭკოების ანალიზის ყველაზე გავრცელებული ქრომატოგრაფიული მეთოდი არის პიროლიზური გაზ-ქრომატოგრაფია (Py-GC). მეთოდის არსი მდგომარეობს საკვლევი მასალის (ბოჭკოს) ინერტული აირის არეში დაშლაში და მიღებული ფრაგმენტების ანალიზში. თუ ანალიზისათვის (მიმღებ

მოწყობილობად) მას-სპექტრომეტრი გამოიყენება, მაშინ მიღებული შედეგები უფრო მრავლისმეტყველია (ნახ. 26).



ნახ. 26. თანაპოლიმერის პიროლიზით მიღებული პროგრამა. ჩანართი მიუთითებს თანაპოლიმერის ბლოკებს.

სპექტროსკოპია და მიკროსპექტროსკოპია

იწ სპექტროსკოპი (უფრო სწორად მიკრო-იწ სპექტროსკოპია) განეკუთვნება ბოჭკოს ანალიზის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ტექნიკას. იწ სპექტროსკოპია წარმოადგენს მინიმალურად დესტრუქციულ ან არადესტრუქციულ ანალიზის მეთოდს და გამოყენებადია სულ უმცირესი ბოჭკოს ფრაგმენტებისთვისაც. მიკროსპექტროფოტომეტრია (MSP) გამოიყენება სინთეზური ბოჭკოების, საღებრების, პიგმენტების და სხვა მასალების ანალიზისათვის. MSP არის უაღრესად აუცილებელი ტექნიკა, როდესაც გვინდა ჩავატაროთ ბოჭკოებს შორის შედარებითი ანალიზი. მაგალითად, გვაქვს ორი ლურჯი ჯინსის შარვალი საანალიზოდ, როგორც წესი, შარვალი კიდევბთან უფრო მეტად არის გაცვეთილი, ვიდრე სხვა ნაწილებში. შესაბამისი ადგილების ბოჭკოების ანალიზი ფერის მიხედვით გვამღევს სხვადასხვა შედეგს. მხოლოდ ბოჭკოს ანალიზი იქნება ჭეშმარიტი, რომელიც ტარდება კონკრეტულ შემთხვევაში MSP.

ბოჭკოს ანალიზისათვის გამოიყენება MSP-ს სამი სხვადასხვა ტიპი, როგორიცაა ხილული, ფურიე-იწ (FTIR), რამან სპექტრომეტრია. ზოგჯერ ფლუორესცენციულ ტექნიკასაც იყენებენ მათთან კომბინაციაში.

ხილული UV-Vis: აღნიშნული მეთოდი მოიცავს საღებრებისა და პიგმენტების ქრომატულობის დადგენის ერთ-ერთ საუკეთესო მეთოდს. ფერის CIELAB კოორდინატების დადგენა განხილული იქნება შესაბამის თავში.

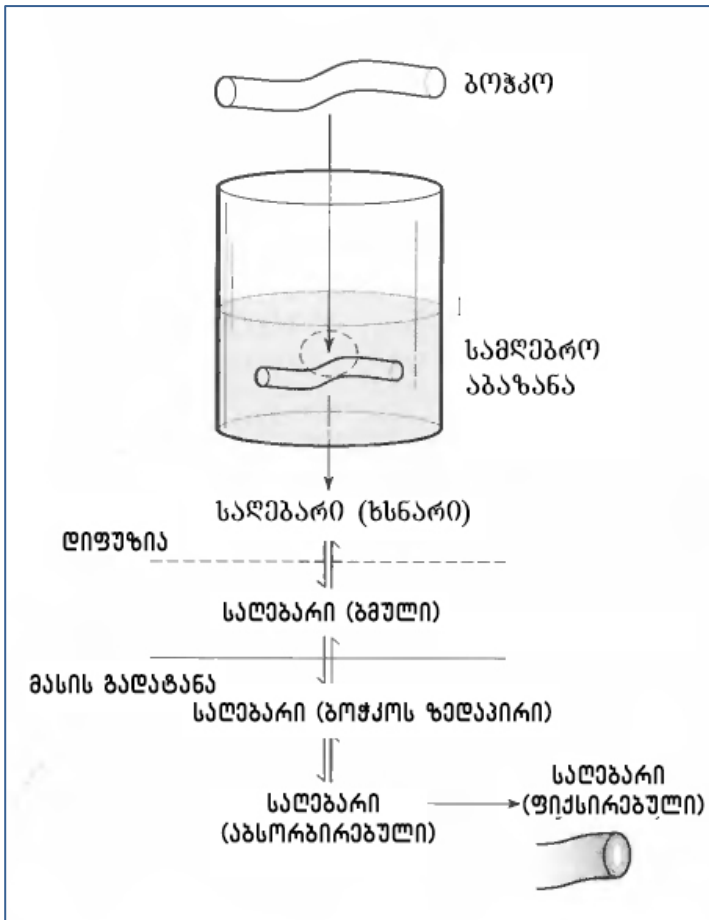
კრიმინალისტიკურ პრაქტიკაში ფერის შედარებისათვის აუცილებელია ფერის CIELAB კოორდინატებში გამოსახვა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთი ბოჭკოები არიან მეტამერულები - ანუ იცლიან ფერს განათების ვარიანტების მიხედვით. სხვა

ოპტიკური მეთოდებით მათი ანალიზი გართულებულია და შეიძლება არასწორ დასკვნებამდე მიგვიყვანოს. ამ შემთხვევაში ელექტრონულ სპექტრომეტრიას უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ვინაიდან ასეთი საღებრების გარჩევა მარტივად არის შესაძლებელი მათი UV-Vis სპექტრებით.

ბოჭკოები, როგორც წესი საღებრებით არიან შეღებილნი. პიგმენტები შედარებით იშვიათად გამოიყენებიან. გარდა ამისა, პიგმენტები შედარებით ადვილად დაიკვირვებიან მიკროსკოპის საშუალებით.

საღებრები, რომელიც გამოიყენება ბოჭკოს შესაღებად, ვარირებენ ბოჭკოს მასალის მიხედვით. არჩევენ შემდეგი კლასის საღებრებს: პირდაპირი, მჟავური, ფერმჭერი, დისპერსული, აზო, აქტიური და ა.შ. ასევე განსხვავებულია საღებრების ბოჭკოზე დამაგრების ფორმები და დამოკიდებულია როგორც ბოჭკოს, ისე საღებრის სტრუქტურაზე. COOH , SO_3H , NH_2 , OH და სხვა მსგავსი ჯგუფების მომცველი საღებრებს უნარი შესწევთ ბოჭკოზე დამაგრდნენ წყალბადური ბმების საშუალებით თუ ამ უკანასკელთათვის არის დამახასიათებელი წყალბადური ბმის წარმოქმნის შესაძლებლობა (მაგ. შალი, პოლიამიდი და ა.შ.). საღებრები, რომელთაც არ გააჩნიათ ზემოჩამოთვლილი ფუნქციური ჯგუფები, გამოიყენებიან ძირითადად ჰიდროფობური ბოჭკოების შესაღებად და ბოჭკოზე მაგრდებიან ელექტროსტატიკური (შედარებით უფრო სუსტი, ვიდრე წყალბადური) ძალებით. საფეიქრო მრეწველობა ასევე იყენებს აქტიურ საღებრებს, რომელთაც ბოჭკოზე კოვალენტური ბმებით ახასიათებთ დაკავშირება. ცხადია, მათი მოცილება ბოჭკოდან მარტივი ფიზიკური მეთოდებით შეუძლებელია.

ბოჭკოს ღებვის გამარტივებული პროცესი მოცემულია ნახ. 27-ზე. საგულისხმოა, რომ პროცესი შეუქცევადი მხოლოდ საღებრის ფიქსაციის შემდეგ ხდება.



ნახ. 27. ბოჭკოს ღებვის პროცესი. საღებარი სამღებრო აბაზანაში აბსორბირდება ბოჭკოს ზედაპირზე და შემდეგ აღწევს მის შიგა ფორებში

ხშირად, საანალიზო ნიმუში არის მხოლოდ ერთეულოვანი ბოჭკო, რომლიდანაც საღებრის დესორბცია და მასზე ანალიზის ჩატარება პრაქტიკულად შეუძლებელია. საბედნიეროდ, თანამედროვე ტექნიკის საშუალებით UV-Vis სპექტრის ჩაწერა ასეთი მასალებისათვის უკვე დიდ სიძნელეს არ წარმოადგენს.

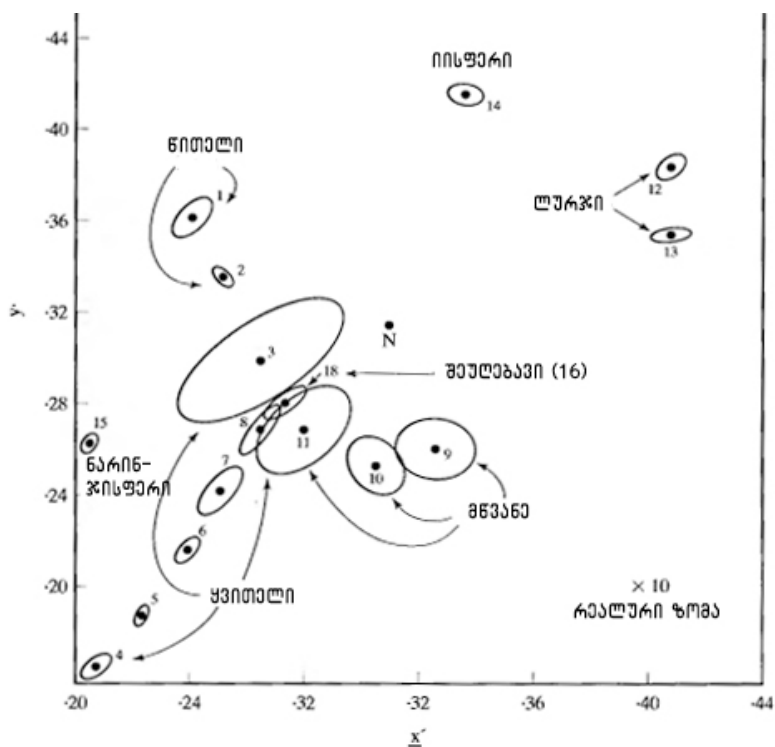
მიუხედავად ამისა, კრიმინალისტიკურ პრაქტიკაში მაინც გვხვდება ამოცანები, როდესაც საღებრის ექსტრაქცია ბოჭკოდან აუცილებელია. ამ კუთხით მეტად საინტერესოა შემთხვევა, როდესაც საჭიროა საღებრების სელექციური ექსტრაქცია. მაგალითად, სასურველი ტონალობის მისაღებად ტექსტილის წარმოება ხშირად იყენებს საღებართა ნარევებს. ასეთ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია ისეთი მეთოდების გამოყენება, რომელიც საშუალებას მოგვცემს საღებრების ბოჭკოდან დესორბცია განვახორციელოთ გეგმაზომიერად და წინასწარ მიზანდასახულად.

1980-იანი წლებისათვის დადგენილი იქნა, რომ შეღებილი ბოჭკოების კვლევისათვის ყველაზე მისაღები მეთოდი იყო მიკროსკოპის *in situ* გამოყენება. კვლევებმა, რომელიც ჩატარდა ხილული მიკროსპექტროსკოპიის გამოყენებით, აღმოაჩინა მრავალი საინტერესო მიგნება, რომელიც მოიცავს შემდეგ ასპექტებს:

- როდესაც ბოჭკო შეღებილია ერთიდაიგივე საღებრის სხვადასხვა კონცენტრაციით, ქრომატულობის კოორდინატები (CIE 1931) განსხვავებულია;
- არაერთგვაროვნება შეიძლება გამოისახოს ოვალის საშუალებით, რომლის ღერძი გადის ქრომატულობის დიაგრამის ყვითელ არეზე;
- არაერთგვაროვნების რეგიონები ვარირებს ბოჭკოს ტიპების მიხედვით

- არაერთგვაროვნების რეგიონები ვარირებს ბოჭკოს ზომების მიხედვით
- და სხვა.

ნახ. 28-ზე მოცემულია ცხრილი 4-ში მოყვანილი ბოჭკოების არაერთგვაროვნების ელიფსური ზონები, ხოლო ნახ. 29-ზე ერთ-ერთი ელიფსური დიაპაზონი განხილულია შედარებით დაწვრილებით.

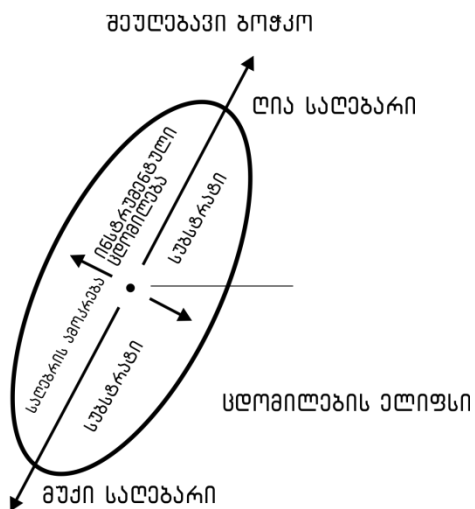


ნახ. 28. არაერთგვაროვნების ელიფსები ქრომატულობის კოორდინატების გარშემო ერთი საღებრით შეღებილი ბოჭკოსათვის (ბოჭკოები მოცემულია ცხრილი 4)

ცხრილი 4. საღებრების ჩამონათვალი. იხ. ნახ. 28

	დასახელება	საღე- ბარი კონც. %	ქრომატოგრაფიული კოორდინატები		ცდომილების ელიფსები		
			x'	y'	დიდი ღერძის სიგრძე	მოკლე ღერძის სიგრძე	X- ღერძთან კუთხე
1.	დისპერსული წითელი 302	3.0	0.2426	0.3603	0.0018	0.0009	57.8
2.		1.0	0.2527	0.3357	0.0008	0.0005	-72.1
3.		0.2	0.2651	0.3011	0.00073	0.0031	49.1
4.	დისპერსული ყვითელი3	3.0	0.2118	0.1646	0.0012	0.0005	45.1
5.		1.0	0.2258	0.1882	0.0008	0.0003	71.8
6.		0.5	0.2411	0.2172	0.0012	0.0004	60.6
7.		0.2	0.2535	0.2430	0.0025	0.0005	63.2
8.		0.05	0.2651	0.2609	0.0026	0.0003	62.2
9.	დისპერსული მწვანე	3.0	0.3261	0.2609	0.0026	0.0025	89.9
10.		1.0	0.3053	0.2532	0.0026	0.0011	-66.6
11.		0.2	0.2804	0.2687	0.0046	0.0024	54.2
12.	დისპერსული ლურჯი 3	3.0	0.4059	0.3829	0.0011	0.0006	48.0
13.	დისპერსული ლურჯი 7	3.0	0.4068	0.3537	0.0011	0.0003	14.8
14.	დისპერსული იისფერი 1	3.0	0.3361	0.4194	0.0013	0.0009	-8.2
15.	დისპერსული ნარიჯის- ფერი 3	3.0	0.2047	0.2592	0.0007	0.0004	57.8
16.	შეუღებავი ბოჭკო	-	0.2712	0.2808	0.0020	0.0006	42.7

Color Index-ის დასახელება უცნობია



ნახ. 29. არაერთგვაროვნების რეგიონის ელიფსი

საინტერესო ლიტერატურა

კრიმინალისტიკაში

წინამდებარე სახელმძღვანელოში განხილული მასალა ძალიან შემჭიდროვებული სახით არის მოცემული. დაინტერესების შემთხვევაში უფრო მეტი ინფორმაციის მისაღებად მიზანშეწონილად მიმაჩნია გაეცნოთ ქვემოთ მოყვანილ ლიტერატურას.

წიგნები და სახელმძღვანელოები

1. Barry A. J. Fisher., William J. Tilstone, Catherine Woytowicz. Introduction to Criminalistics. The Foundation of Forensic Science. Academic press is an imprint of Elsevier. 2009, 321 pp.
2. David E. Newton. Forensic Chemistry. Facts On File, Inc. 2007. 190 pp.
3. Suzanne Bell. Forensic Chemistry. Pearson Education, Inc. 2006. 671pp.
4. Brian Caddy. Forensic Examination of Glass and Paint. Analysis and Interpretation. London and New York. 2001, 291 pp.

სიმპოზიუმის მასალები

1. Forensic examination of soil evidence. 13th interpol forensic science symposium, lyon, france, october 16-19 2001.

2. 16th International Forensic Science Symposium. Interpol – Lyon. 5- 8 October, 2010

ონლაინ რესურსები

1. კრიმინალისტიკურ მეცნიერებათა დისტანციური სწავლების წენტრი - <http://www.forensicscience.ufl.edu/>
2. ჟურნალი კრიმინალისტიკა - <http://www.forensicmag.com/>
3. კრიმინალისტიკურ მეცნიერებათა ამერიკის აკადემია - <http://www.aafs.org/>
4. კრიმინალისტიკურ მეცნიერებებში საერთაშორისო სიმპოზიუმების მასალები
<http://www.interpol.int/Public/Forensic/IFSS/Default.asp>

გამოყენებული ლიტერატურა

- 1 დაწვრილებით შეგიძლიათ იხილოთ მისამართზე www.ftc.gov
- 2 SWGMAT. Forensic Fiber Examination Guide. Forensic Science Communications, 1999, N0. 1. (www.fbi.gov/lab/fsc)
- 3 Standard Guide for Microscopic Examination of Textile Fibers. in ASTM Standard E 2228-02, ASTM International, 2004
- 4 Standard Guide for Forensic Examination of Non-Reactive Dyes in Fibers by Thin-Layer-Chromatography”. in ASTM Standard E 2227-02 ASTM International, 2004.