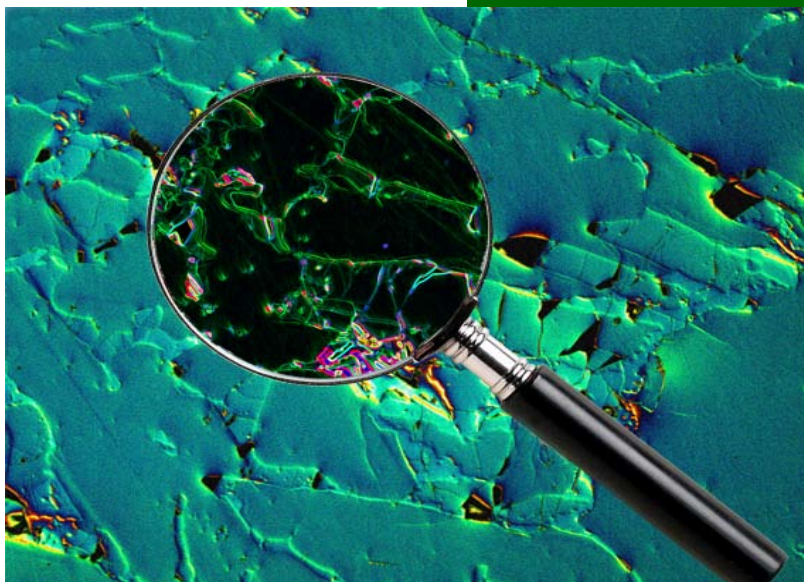


ელისბარ ელისბარაშვილი

# ქიმია და კრიმინალისტიკა

ნაწილი 1.  
მიკრონაწილაკები  
კრიმინალისტიკაში



თბილისი  
• 2010 •



|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| სარჩევი.....                                                                | 3  |
| მიზანი .....                                                                | 5  |
| შესავალი.....                                                               | 6  |
| მოკლედ ისტორიიდან .....                                                     | 10 |
| მიკრონაწილაკების როლი კრიმინალისტიკაში .....                                | 14 |
| მიკროობიექტების მცნება და კლასიფიკაცია.....                                 | 17 |
| მიკროობიექტები მატერიალური არსებობის ფორმის მიხედვით .....                  | 20 |
| მიკროობიექტები ხილვადობის მიხედვით.....                                     | 22 |
| მიკროობიექტები მდგრადი ფორმის არსებობის მიხედვით.....                       | 23 |
| მიკროობიექტები წარმოშობის მიხედვით .....                                    | 23 |
| მიკროობიექტები ვიზუალური მიკუთვნების მიხედვით.....                          | 25 |
| მიკროობიექტები ობიექტ-მატარებელთან საკონტაქტო კავშირის სახის მიხედვით ..... | 26 |
| მიკროობიექტები ფიზიკური თვისებების მიხედვით .....                           | 28 |
| მიკროობიექტები სხვა ნიშანთვისების მიხედვით.....                             | 29 |
| მიკრონაწილაკების აღმოჩენის ფიქსაციისა და კვლევის პრობლემები.....            | 30 |
| მიკრონაწილაკების ანალიზი.....                                               | 36 |
| აღმოჩენის მეთოდები (სკრინინგი).....                                         | 36 |

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| სიმკვრივის გრადიენტული განაწილება .....           | 39 |
| პირველადი (ძირითადი) მინერალები.....              | 41 |
| თიხოვანი მინერალები .....                         | 43 |
| ორგანული მასალები.....                            | 43 |
| მიკრობიოლოგია.....                                | 45 |
| ყვავილის მტვერი და სხვა ბოტანიკური მასალები ..... | 45 |
| მტვერი .....                                      | 48 |
| მიკროობიექტების ზომები.....                       | 50 |
| მიკროსკოპი.....                                   | 53 |
| საინტერესო ლიტერატურა კრიმინალისტიკაში.....       | 60 |
| წიგნები და სახელმძღვანელოები .....                | 60 |
| სიმპოზიუმის მასალები.....                         | 61 |
| ონლაინ რესურსები .....                            | 61 |
| გამოყენებული ლიტერატურა .....                     | 62 |

წინამდებარე სახელმძღვანელოში განხილულია მიკრონაწილაკების კრიმინალისტიკური ქიმიის საკითხები.

შესავალი ნაწილის შემდეგ მოკლედ მიმოვიხილავთ მიკრონაწილაკების გამოყენების ისტორიულ მომენტებს კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით. შემდეგ განვიხილავთ მიკრონაწილაკების როლს თანამედროვე კრიმინალისტიკურ ექსპერტიზაში და მოგაწოდებთ მიკროობიექტების მცნებას. ასევე მოვახდენთ მათ კლასიფიკაციას სხვადასხვა მიდგომის მიხედვით. შემდეგ თავებში განვიხილავთ მიკრონაწილაკების აღმოჩენის, ფიქსაციისა და კვლევის პრობლემებს.

ერთი თავი მთლიანად დაეთმოა მიკრონაწილაკების ანალიზის და მათ შორის აღმოჩენის მეთოდებს (სკრინინგი, სიმკვრივის გრადიენტული განაწილება და ა.შ.). გავცნობით მიკრონაწილაკების შემადგენლობას (პირველადი მინერალები, თიხოვანი მინერალები, ორგანული მასალები, მიკრობიოლოგიური ჩანარები, ყვავილის მტკერი და სხვა ბოტანიკური მასალები) და მათი ანალიზის მეთოდებს. ასევე მოგაწოდებთ ინფორმაციას მიკროობიექტების ზომების, მიკროსკოპის სახეებზე და მათი მოქმედების პრინციპის შესახებ.

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

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

გისურვებთ წარმატებას.

ნებისმიერი დანაშაულის ჩადენის ადგილზე რჩება გარკვეული საგნები (ობიექტები) ან ქმედების კვალი. აღნიშნული ობიექტების საფუძვლიანი შესწავლა შეიძლება გახდეს უტყუარი ნივთმტკიცება, რამაც გადამწყვეტი როლი ითამაშოს გამოძიების მიმართულების განსაზღვრასა და/ან ბრალეულობის დადგენაში.

აღნიშნული გარემოება კარგად არის ცნობილი თვით დამნაშავეთათვისაც და ყოველი მათგანი, როგორც წესი, ცდილობს დანაშაულის ადგილზე ყოველგვარი კვალის წაშლას ან სამხილების მოსპობას. მაგალითის სახით შეიძლება მოყვანილი იქნას მრავალი ასეთი ფაქტი. მას შემდეგ, რაც კრიმინალიტიკურ პრაქტიკაში წარმატებით დაინერგა დაქტილოსკოპია, პროფესიონალმა დამნაშავეებმა მაშინვე დაიწყეს საკუთარი თითის ანაბეჭდის სურათის შეცვლაზე ფიქრი, რისთვისაც მათ საკმაოდ რთული და მტკივნეული ოპერაციების გადატანაც კი უწევდათ, თუმცა ხშირ შემთხვევაში უშედეგოდ მთავრდებოდა. შემგომში მათ შედარებით მარტივ მეთოდს მიჰყვეს ხელი და დაიწყეს ხელთათმანების გამოყენება. ამდენად, თანამედროვე ეტაპზე დანაშაულთა უმეტესობა ჩადენილია იმგვარად (მით უფრო თუ იგი ორგანიზებული, წინასწარ დაგეგმილი ხასიათისაა), რომ დანაშაულის ადგილზე პრაქტიკულად არ არსებობს ისეთი სახის ნივთმტკიცებები, როგორიცაა თითის ანაბეჭდი, მასრა და სხვა დანაშაულის ჩადენის იარაღები.

ამდენად, დანაშაულის ადგილი ერთგვარი ურთიერთშერკინების არენაა დამნაშავესა (დანაშაულსა) და საგამოძიებო ჯგუფს (და არა

მხოლოდ გამომძიებელს) შორის. ამ არენაზე კიდევ ერთი მოთამაშეა – დრო. დრო, რომელიც ჩვენდა სამწუხაროდ დამნაშავეს მხარესაა, რადგან ჟამთა სვლა ნივთმტკიცებებს დაუნდობლად ანადგურებს. ამიტომ, დანაშაულის ადგილზე მოქმედებას თავისი მკაცრად განსაზღვრული წესები აქვს. ამ საკითხს დაწვრილებით ცალკე შეისწავლით, ამდენად მასზე წინამდებარე თავებში საუბარი ნაკლებად გვექნება.

გვახსოვდეს, კრიმინალისტიკაში არსებობს ერთი აქსიომა: **არსებობს დანაშაული ე.ი. არსებობს ნივთმტკიცებაც.** დამნაშავეს შეუძლია გასროლის განხორციელების შემდეგ დანაშაულის ადგილიდან მოაცილოს მასრა, არ დატოვოს თითის ანაბეჭდები, მოიცილოს და გაანადგუროს სულ უმცირესი ზომის სამხილები, როგორცაა თმის ღერი, სისხლის უმცირესი ლაქა და სხვა მისთანანი, მაგრამ მას არ შეუძლია, იმ სამხილების მოშორება, რომელიც თვალთ, უფრო სწორად, შეუიარაღებელი თვალთ არ ჩანს. ასეთ სამხილებს ზოგადად მიკროობიექტები (მიკრონაწილაკები) ეწოდებათ. რაც დრო გადის დამნაშავეთა სამყარო დანაშაულის ჩადენისათვის მეცნიერებისა და ტექნიკის თანამედროვე საშუალებებს იყენებს. შესაბამისად, კვალის სახით ხშირ შემთხვევაში მხოლოდ მიკროობიექტები გვევლინებიან. მიუხედავად მათი ზომების სიმცირისა, ისინი დიდი ინფორმაციის მატარებლები არიან.

უმცირესი ნაწილაკების აღმოჩენა და იდენტიფიკაცია ხშირად ფასდაუდებელ დახმარებას უწევს გამოძიებას.

არაერთხელ ნასამართლეებმა სექსუალური გადახრების მქონე დამნაშავემ მორიგი დანაშაული ჩაიდინა – სკოლის მოსწავლის მკვლელობა. როგორც ჩანს, მსხვერპლი ცდილობდა წინააღმდეგობის გაწევას და ხმამაღალი ყვირილით უხმობდა დამხმარეებს. ამიტომ დამნაშავემ იგი დაახრჩო. ბავშვის გაუჩინერების შემდეგ შეწუხებულმა მშობლებმა სამართალდამცველებს მიმართეს დახმარებისათვის, მაგრამ სამწუხაროდ უკვე დაგვიანებული იყო. მათი შვილი გარდაცლილი იყო. გვამის აღმოჩენისა და გაკვეთის შემდეგ გამოიკვეთა რამდენიმე გარემოება. დამნაშავემ დატოვა გარკვეული “თავისი სავიზიტო ბარათი”, მაგრამ მისი გაშიფვრა მოითხოვდა საკმაოდ დიდ ძალისხმევას. ექიმმა გაკვეთისას აღმოაჩინა, რომ გვამის სასუნთქ გზებში მოხვედრილი იყო უცნაური წვრილი შეფერილი ნაწილაკები. ქიმიურმა ექსპერტიზამ დაადგინა, რომ ეს ნაწილაკები წარმოადგენდნენ კვარცის ნაწილაკებს. გამოითქვა თამამი ვარაუდი, რომ კვარცის ნაწილაკები მსხვერპლის სასუნთქ გზებში მოხვდა გარდაცვალებამდე არც თუ დიდ ხნის წინ ანუ წინააღმდეგობის გაწევისას. გამოძიებამ დაადგინა კვარცის ფხვნილის დამამზადებელი და მომხმარებელი საწარმოების ჩამონათვალი, რითაც ძიების რკალი შეამცირა. აღმოჩნდა, რომ აღნიშნული მასალა გამოიყენებოდა ე.წ. მოზაიკური ფილების დასამზადებლად.

გამოძიების მიმდინარეობის პროცესში სადისტის მიერ კიდევ ერთი მსგავსი ტიპის დანაშაული იქნა ჩადენილი ლეტალური ფინალით. მეორე დანაშაულის ჩადენის შემდეგ დამნაშავე კინლამ ხელში ჩაუვარდა გამომძიებელს. გამომძიებელი, რომელიც დანაშაულის ადგილს ეცნობოდა, შენიშნა მამაკაცი საბავშვო ველოსიპედით ხელში, რომელიც საეჭვოდ მალე მიეფარა თვალს და გაუჩინარდა ბუჩქნარში. მოგვიანებით იმ ადგილას იქნა აღმოჩენილი მეორე მსხვერპლის გვამი.

მკვლელმა, მიუხედავად იმისა, რომ მოახერხა თავის დაღწევა ორივე მკვლელობიდან, მიხვდა, რომ მის გარშემო წრე მცირდებოდა, და დამნაშავეთა სამყაროს ერთ-ერთ “რეცეპტს” მიმართა – “ჩაყვინთა”. ჩაიდნა შედარებით დაბალი სიმძიმის დანაშაული – ვაგზალზე ჩემოდნის ქურდობა და სამართალდამცველებს ადვილად ჩაბარდა. მაგრამ გამომძიებლები და ექსპერტები დროს უქმად არ ხარჯავდნენ. მათ ასევე საფუძვლიანად შეისწავლეს მეორე მსხვერპლიც და სულაც არ გაკვირვებიან, ბავშვის ტანსაცმელზე შეფერილი კვარცის ნაწილაკების აღმოჩენა, რომელიც ამ

შემთხვევაში გაცილებით უფრო დიდი რაოდენობით იყო. გამომძიებლებმა მიაკითხეს კვარცის ფილების დამამზადებელ საწარმოს. შესასვლელთან იდგა ვარდისფერი ფილებით დატვირთული ურიკა. სწორედ ამ ფერის კვარცის ნაწილაკები იქნა აღმოჩენილი მეორე მსხვერპლის ტანსაცმელზე. ლაბორატორიაში გაიგზავნა რამდენიმე ფილა და დადგენილ იქნა, ტანსაცმელზე აღმოჩენილი ნაწილაკების ერთგვაროვნება ამ საწარმოში გამოყენებულ მასალასთან შედარებით. გამომძიებელმა დააგინა ყველა იმ პიროვნების ვინაობა, რომელსაც კავშირი ჰქონდა ფილების ფორმირების (დაყალიბების) დანადგართან. ცხადია, ასეთი არაერთი ადამიანი იყო საწარმოს მასშტაბიდან გამომდინარე. მაგრამ გამომძიებელმა საბედნიეროდ შენიშნა, რომ ერთ-ერთი მუშის გვარი ემთხვეოდა სულ ცოტა ხნის წინ დაკავებულ პიროვნებას. შემდგომი მოკვლევით დადგინდა, რომ ექვმიტანილი მკვლელობების ჩადენის დღეს სამსახურში არ იყო გამოცხადებული. ცხადია, ამან ეჭვი კიდევ გააძლიერა. ამიტომ გამომძიებლებმა კვლავ მიაკითხეს მას საკანში და მისი ტანსაცმელი გადაგზავნეს ექსპერტიზაზე. ცხადია, მის ტანსაცმელზე აღმოჩენილი იქნა ანალოგიური კვარცის ნაწილაკები. გარდა ამისა, კრიმინალისტიკის მახვილმა თვალმა დამატებით აღმოაჩინა საღებავის ნაწილაკების კვალიც. საღებავის ნაწილაკების შესწავლამ აჩვენა, რომ იგი სამ ფენას მოიცავდა და ტანსაცმელზე მოხვედრამდე ხეზე იყო დატანილი. ანალოგიური საღებავის ნაწილაკები აღმოჩენილი იქნა ასევე მეორე მსხვერპლის ტანსაცმელზეც. შემდგომი მოკვლევით დადგენილი იქნა, რომ სამფენიანი საღებავით შეღებილი იყო სკოლის საპირფარეშოს შესასვლელი კარი. მოსწავლეები მას ხშირად ზურგით ეყრდნობოდნენ სკოლაში მალულად სიგარეტის მოწევისას.

ამდენად, ექსპერტიზის მიერ დადასტურებული იქნა, რომ კვარცისა და სამფენიანი საღებავის ნაწილაკების ერთგვაროვნება. ანუ ადგილი ჰქონდა კვალის გადაკვეთას მსხვერპლებსა და ექვმიტანილს შორის. აღნიშნული მტკიცების ცდომილება შეიძლებოდა იმ შემთხვევაში, თუ ბავშვებს ექნებოდათ საშუალება კერამიკული საწარმოს ტერიტორიაზე, განსაკუთრებით კი დასაყალიბებელ აგრეგატთან სიახლოვეს თამაშის, ხოლო ექვმიტანილს კი – სკოლის საპირფარეშოთი სარგებლობის საშუალება. ამიტომ ექსპერტიზა დამატებით ჩაუტარდა იმ ტანსაცმელსაც, რომელსაც როგორც ექვმიტანილი, ისე ბავშვები, დანაშაულის ჩადენის მომენტამდე ატარებდნენ. კვალი არც ერთ ტანსაცმელზე არ იქნა აღმოჩენილი, ამდენად, პირველი ვერსიის საწარმოვნობა დადასტურდა.

## მოკლედ ისტორიიდან

---

მიკრონაწილაკების კვლევის პრობლემა ახალი არ არის კრიმინალისტიკაში. მათი გამოყენების შესახებ პირველად იდეა მოწოდებული იქნა XIX-XX საუკუნეების მიჯნაზე კონან დოილის მიერ რომელიც გაჟღერებული იქნა შერლოკ ჰოლმსის ისტორიების სერიის დედექტიური ჟანრის მხატვრულ ლიტერატურაში. ცნობილია ასევე, რომ კონან დოილმა თავად გამოიყენა იგი პირველად პრაქტიკაში ეთალჯის საქმეში. იგი დიდი ხნის განმავლობაში ცდილობდა გაემართლებინა მღვდლის შვილი ეთალჯი, რომელსაც ბრალად ედებოდა ინგლისის ცხვრის ფარების ბარბაროსულად განადგურება. კონან დოილმა მტერის ნაწილაკების შესწავლით მართლმსაჯულებას დაუმტკიცა, რომ ეჭვმიტანილის ფეხსაცმელსა და დანაშაულის ადგილზე არსებული გრუნტის შემცველობა ერთმანეთისაგან განსხვავებული იყო. ეს ფაქტი შეიძლება ჩაითვალოს ერთ-ერთ პირველ შემთხვევად, როდესაც მიკრონაწილაკები გამოყენებული იქნა ნივთმტკიცებად.

თითქმის იმავე პერიოდში, 1893 წელს ჰანს გროსმა გამოაქვეყნა მონოგრაფია სათაურით “სასამართლო გამომძიებლების სახელმძღვანელო”, რომელშიც პირველად იქნა აღწერილი მიკრონაწილაკების როლის შესახებ. კერძოდ, მასში ავტორმა მთელი თავები მიუძღვნა ისეთ საკითხებს, როგორიცაა “მიკროსკოპული მეთოდების ჩართვა”, “ქიმიკოსების ჩართვა”, “ფიზიკოსების ჩართვა”, “მინერალოგიის, ზოოლოგიისა და ბოტანიკის სპეციალისტების ჩართვა”, “თმის, მტერის, ფეხსაცმლის ტალახისა და ტანსაცმლის ლაქების გამოკვლევა”.



**ჰანს გროსი  
(1847-1915)**

**ავსტრიელი იურისტი,  
კრიმინალიტიკური და  
სასამართლო ფსიქოლოგიის  
ფუძემდებელი**

ერთ-ერთი შესავალი ფრაზა  
ჰ. გროსის წიგნიდან:

*“ძიუხედავად იმისა, დღეისათვის თუ რა დონეზეა სრულყოფილი მიკროსკოპის კონსტრუქცია და რა დიდი მიღწევები შეცნიერებაში ამ გასაოცარი მოწყობილობის გამოყენებით, მიკროსკოპიული გამოკვლევების სპეციალისტის ხელოვნება იშვიათად გამოიყენება გამოძიებაში...”*

1918 წელს გამოქვეყნდა გერმანელი სასამართლო ქიმიკოსის გეორგ პოპის შრომა “მიკროსკოპია სამძებრო საგამოძიებო სამსახურში”, რომელშიც ავტორი ცალსახად აღნიშნავდა მიკრონაწილაკების უაღრესად დიდ მნიშვნელობაზე, კერძოდ მტვრის ნაწილაკების მორფოლოგიური, ქიმიური და ფიზიკური თვისებების შესწავლის აუცილებლობაზე [1].

მიკრონაწილაკების როლს კრიმინალისტიკაში ეძღვნება ფრანგი კრიმინალისტის ე. ლოკარის ექვს ტომეული შრომიდან ერთი ტომი მთლიანად. იგი თავის პრაქტიკაში ხშირად იყენებდა მტვერსა და სხვა მიკრონაწილაკებს ნივთმტკიცების სახით. მისი პრაქტიკიდან ცნობილია ერთი ფაქტი. ერთ ახალგაზრდას ბრალი ედებოდა მეტალის ფულის ფალსიფიცირებული მონეტების დამზადებაში. მან ეჭვმიტანილს თავი ჩამოჰბანა სპირტით და შეისწავლა სპირტის აორთლების შემდეგ დარჩენილი მასა. აღმოჩნდა, რომ მყარ ნარჩენში ყველა იმ მასალის კვალი შედიოდა, რომელიც მეტალის მონეტების დამზადებაში გამოიყენებოდა. შემდგომ შრომებშიც, 20-30 წლებში ლოკარმა არა

ერთი კონკრეტული მასალით აჩვენა, რომ მიკრონაწილაკებს კრიმინალისტიკაში ხშირად გადამწყვეტი როლი ჰქონდათ.

ტერმინი “მიკროკვალი” პირველად ფიგურირებს შვეიცარიელი კრიმინალისტის მაქს ფრეი შულცერის სტატიაში “მიკროკვალის ფიქსაცია წებვადი ლენტით”, რომელიც

მიკროკვალი – ეს არის სუსტად ხილული ან შეუიარაღებელი თვალისთვის უხილავი ნივთიერების ნაწილაკები, ან ანარეკლი ფიზიკური მოქმედების, რომელსაც კავშირი აქვს ძიების მოვლენასთან.  
ვარშავის სიმპოზიუმის რეკომენდაცია

გამოქვეყნდა 1951 წელს. ტერმინი მოწონებული იქნა მრავალი კრიმინალისტის მიერ და სწრაფად მოიკიდა ფეხი მთელს მსოფლიოში, რაზეც მეტყველებს 50-იან წლებში აშშ, ჩეხოსლოვაკიაში და სხვა ქვეყნებში გამოქვეყნებული შრომები. მაგალითად, 1954 წელს ჩეხოსლოვაკიაში გამოქვეყნებულ სტატიაში მოცემული იქნა მიკროკვალის განმარტება: “მიკროკვალი არის ისეთი უმცირესი ნაწილაკების კვალი, რომელთა შესწავლაც მხოლოდ მიკროსკოპით არის შესაძლებელი”.

აღნიშნული პრობლემა საფუძვლიანად შესწავლილი იქნა იუგოსლავიელი კრიმინალისტის ვლადო ვირიცის მიერ 1971 წელს. მის მიერ ჩამოყალიბებული მიკროკვალის განმარტებაა: “მიკროკვალი არის მატერიალური კვალი, რომელთა გარჩევა შეუიარაღებელი თვალით შეუძლებელია, და მათი არსებობა გარკვეულ ადგილებზე შეიძლება მხოლოდ ვივარაუდოთ”.

აღნიშნული პრობლემა იყო ვარშავის საერთაშორისო სიმპოზიუმის ერთ-ერთი სექციის განხილვის საგანი. სიმპოზიუმმა შეიმუშავა მრავალი რეკომენდაცია, მათ შორის მიკროკვალის განმარტებასთან დაკავშირებით. “მიკროკვალი – ეს არის სუსტად ხილული ან შეუიარაღებელი თვალისთვის უხილავი ნივთიერების

*ნაწილაკები, ან ანარეკლი ფიზიკური მოქმედების, რომელსაც კავშირი აქვს ძიების მოვლენასთან.”*

შემდგომ წლებშიც მიკრონაწილაკების როლი კრიმინალისტიკაში სულ უფრო და უფრო იზრდება სამეცნიერო-ტექნიკურ მიღწევებთან ერთად. დღეისათვის უკვე შექმნილია მრავალი ინსტრუმენტალური და მეთოდური საშუალებები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია უმცირესი ზომისა და რაოდენობის მასალების დიდი სიზუსტით შესწავლა. თუმცა მიუხედავად ამისა, მიკრონაწილაკების ზომებიდან გამომდინარე მათი სრულყოფილი შესწავლა მაინც დიდ პროფესიონალიზმსა და ძალისხმევას მოითხოვს.

ვარშავის სიმპოზიუმზე ასევე შემუშავდა რეკომენდაციები მიკრონაწილაკებისა და ნივთიერებების მიკრორაოდენობასთან დაკავშირებით:

მიკრონაწილაკები ეს არის მცირე ზომის მატერიალური ობიექტები, რომელიც ძირითად ობიექტს ჩამოცილებულნი არიან მექანიკური ან სხვა რაიმე ტიპის ზემოქმედების შედეგად და რომელთა პროექცია არ აღემატება 2 მმ<sup>2</sup>. ამასთანავე უნდა გვახსოვდეს, რომ მიკრონაწილაკი არის მყარი ნივთიერება, რომელსაც გააჩნია მდგრადი გეომეტრია და მორფოლოგია. კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით მიკრონაწილაკები საინტერესონი არიან როგორც გარეგანი აღნაგობის ნიშნებით, ისე სტრუქტურული ნიშანთვისებებითა და შედგენილობით.

ნივთიერების მიკრორაოდენობა ეს არის თხევადი, ბლანტი ან ფხვიერი მიკროობიექტები უმდგრადი სივრცული საზღვრებით.

სამწუხაროდ, მიუხედავად დიდი მცდელობისა, სიმპოზიუმმა ვერ მიიღო საერთო შეთახმება მიკროობიექტების კლასიფიკაციასა და უნიფიცირებულ ტერმინოლოგიასთან დაკავშირებით.

## მიკრონაწილაკების როლი კრიმინალისტიკაში

---

მიკრონაწილაკების როლზე კრიმინალისტიკურ ექსპერტიზაში მიუთითებს როგორც კრიმინალისტიკურ პრაქტიკაში დაფიქსირებული შემთხვევების, ისე სამეცნიერო ლიტერატურაში გამოქვეყნებული ლიტერატურის რაოდენობა [1-4].

მიკრონაწილაკები, როგორც წინა პარაგრაფებშიც იყო მოცემული, შეიძლება ფიგურირებდეს ნივთმტკიცებად განსხვავებული სახის დანაშაულებში. მაგალითად, კანადის პოლიციამ შეძლო გაეხსნა ნარკოდანაშაულის საქმე გრუნტის მტვრის ნაწილაკების გამოყენებით [5]. კონტეინერებიდან, გემებიდან და სატვირთო ავტომობილებიდან შეგროვილი მტვრის ნაწილაკების შეგროვებით დადგენილი იქნა ნარკოტრანზიტის მარშრუტი. შემდგომ კვლევაში ჩაერთო ისეთი მაღალტექნოლოგიური საშუალებები, როგორიცაა საჰაერო ფოტოსურათების სატელიტური ასახვის მეთოდები, რამაც კრიმინალისტებს საშუალება მისცა განესაზღვრათ მიწისქვეშა საიდუმლო ბუნკერების ადგილმდებარეობა, სადაც იწარმოებოდა ნარკოტიკული საშუალებები [6].

გრუნტის ნაწილაკები ხშირად იძლევა საშუალებას დადგენილ იქნას კავშირი დამნაშავესა და დანაშაულის ადგილს შორის, თუმცა მისი ანალიზი არ არის ხშირად მარტივი. სირთულე გამოწვეულია, როგორც თვით მისი შეგდენილობის მრავალფეროვნებით (მინერალები, ოქსიდები, ორგანული კომპონენტები, მიკროორგანიზმები და ა.შ.), ისე ფიზიკური თვისებებით, როგორიცაა მაგალითად

ნაწილაკების ზომები და სიმკვრივე (ნახ. 1). ამის მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ თუნდაც მხოლოდ გრანიტის მიკრონაწილაკები. ადვილი წარმოსადგენია, რომ რამდენი სხვადასხვა ფორმით შეიძლება არსებობდეს იგი (გრანიტებს არჩევენ ფერის, მინერალური შედგენილობის, ტექსტურის და სხვა უამრავი მახასიათებლის მიხედვით).



**ნახ. 1. გრუნტის მიკრონაწილაკის შედგენილობა**

გეოლოგიური თვალსაზრისით გრუნტის ფორმირება მკაცრად არის დამოკიდებული ტოპოგრაფიაზე, კლიმატზე, წლებზე, ბოტანიკურ და მიკრობიოლოგიურ ფუნქციებზე, წყლის ზემოქმედებაზე (ტენიანობა, ჩარეცხვა და ა.შ) და ადამიანის მიერ განხორციელებულ ზემოქმედებაზე. ამიტომ შეიძლება ითქვას, რომ გრუნტის ნაწილაკები გარკვეული ტერიტორიის „თითის ანაბეჭდებს“ წარმოადგენენ. გარდა ამისა, გრუნტის ნაწილაკები შეიძლება შეიცავდნენ ტერიტორიისათვის დამახასიათებელ სასარგებლო წიაღისეულის ნაწილაკებს, ექსტერნულ მინარევებს, როგორიცაა მაგალითად სპორები ან ხელოვნური მასალები.

მიუხედავად იმისა, რომ გრუნტის მიკრონაწილაკების ანალიზი საკმაოდ რთულია, მაგრამ კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით არსებობს კანონზომიერება: რამდენადაც უფრო რთული შედგენილობისაა საანალიზო მასალა, მით უფრო მეტად ინფორმაციულია და მით უფრო ნათელი ნივთმტკიცებაა.

საერთაშორისო სიმპოზიუმის შემაჯამებელი მასალებიდან ირკვევა, რომ გრუნტის ნაწილაკების ანალიზის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემაა კრიმინალისტიკურ ლაბორატორიებში შესამაბისი მაღალკვალიფიცირებული ექსპერტების სიმცირე. ანალიზის მაღალპროფესიონალიზმს განსაკუთრებით მოითხოვს მინერალოგიური ანალიზი წარმოებს პოლარიზებული მიკროსკოპის საშუალებით და ექსპერტისაგან მოითხოვება დიდი გამოცდილება.

მაგრამ დღეისათვის შეიძლება ითქვას, რომ დაგროვილი გამოცდილების საფუძველზე, შემუშავებულია მრავალი სტანდარტული პროცედურა, რომელიც მნიშვნელოვნად ამარტივებს ანალიზის ჩატარებას.

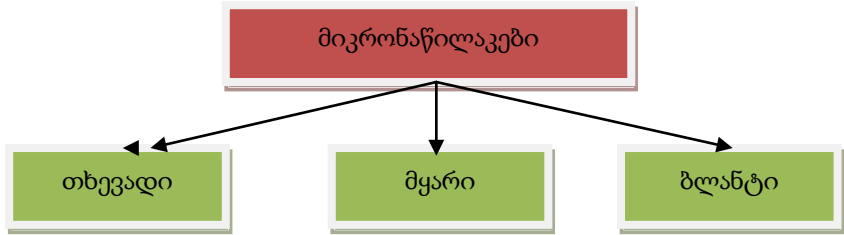
## მიკროობიექტების მხნეობა და კლასიფიკაცია

---

კრიმინალისტიკაში ისეთ ნივთიერ მტკიცებულებებს, რომელთა ანალიზი (დაკვირვება) მიკროსკოპიული მეთოდით წარმოებს მიკროობიექტები ეწოდებათ. საექსპერტო სამსახურებს ხშირად უწევს ისეთი მასალების მიკრონაწილაკებთან მუშაობა, როგორიცაა ადამიანის, ცხოველური, მცენარეული, ხელოვნური ან სინთეზური ბოჭკოები, საღებავები, ნაქლიბი, ნიადაგი და სხვა. გარდა ამისა, კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით ის მიკრონაწილაკებია საინტერესო, რომელთა გარკვეული კავშირი ჰქონდათ ან აქვთ დანაშაულთან. ეს გარკვეულწილად კიდევ უფრო ართულებს ექსპერტების წინაშე დასმულ ამოცანას, ვინაიდან დანაშაულის ადგილზე უამრავი მაკრო და მიკრო ობიექტიდან ექსპერტმა უნდა შეძლოს განსაზღვროს (ძირითად შემთხვევაში ინტუიციურად) თუ რომელ მათგანს ექნება ან შეიძლება ჰქონდეს მისთვის ფასეული ინფორმაცია. ამ პირველი და ურთულესი საფეხურის შესრულებისათვის ექსპერტმა პირველ რიგში უნდა განახორციელოს მის ხელთ არსებული მასალების (მიკროობიექტების) კლასიფიცირება – ტიპებად დაყოფა.

კრიმინალისტიკაში მიკროობიექტების დაყოფა რამდენიმე სისტემით შეიძლება. თავიდანვე უნდა ითვას, რომ ამ სისტემებსა და მათში შემავალ ტიპებს (ჯგუფებს) შორის არ არის მკაცრი საზღვარი და ერთი რომელიმე მიკრონაწილაკი შეიძლება სხვადასხვა სისტემის სხვადასხვა ჯგუფს იქნას მიკუთვნებული.

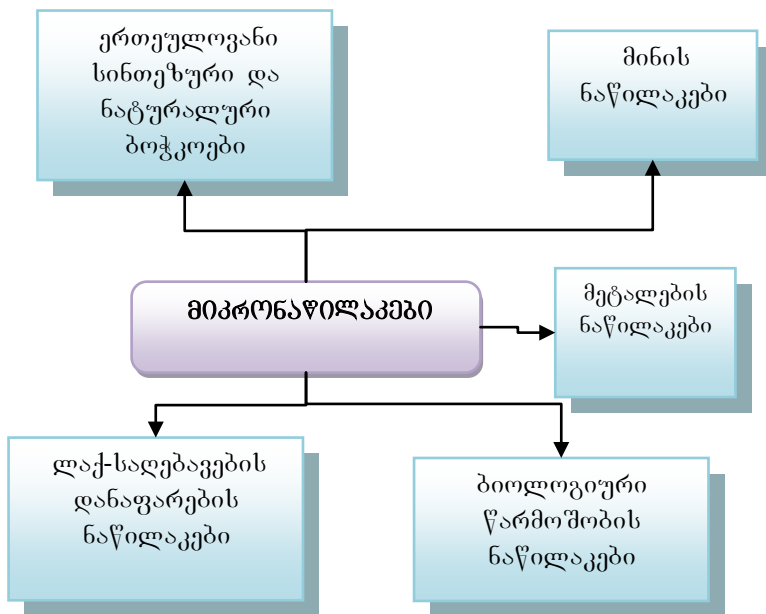
მიკრონაწილაკები შეიძლება დაიყოს აგრეგატული მდგომარეობისა და კონსისტენციის მიხედვით. შესაბამისად, შეიძლება გამოვყოთ თხევადი, ბლანტი, მყარი (ფხვიერი) კატეგორიები (ნახ. 2).



ნახ. 2. მიკრონაწილაკების კლასიფიკაცია აგრეგატული მდგომარეობისა და კონსისტენციის მიხედვით

მიკრონაწილაკები ასევე შეიძლება დაიყოს მათი ფორმის, აღნაგობის, გარეგანი სახისა და ბუნების მიხედვით (ნახ. 3):

- ლაქ-საღებავების დანაფარების ნაწილაკები
- ერთეულოვანი სინთეზური და ნატურალური ბოჭკოები
- ბიოლოგიური წარმოშობის ნაწილაკები
- მეტალების ნაწილაკები
- მინის ნაწილაკები
- ქანების, გრუნტისა და ნიადაგის ნაწილაკები



**ნახ. 3. მიკრონაწილაკების კლასიფიკაცია ფორმისა და ბუნების მიხედვით**

მიკრონაწილაკები გავრცელების, დანაშაულის ადგილზე აღმოჩენის სიხშირის მიხედვით შესაძლებელია შემდეგი კატეგორიების ჩამოთვლა:

1. ბიოლოგიური მიკრონაწილაკები (სისხლი, ნერწყვი)
2. საღებრებისა და საღებავების კვალი
3. მტერისა და გრუნტის მიკრორაოდენობა
4. სითხეების (მაგ. ნავთობპროდუქტების) მიკრორაოდენობა

როგორც უკვე იყო აღნიშნული, მოყვანილი კლასიფიკაცია არ არის უნიფიცირებული. ამიტომ სხვადასხვა ლიტერატურულ წყაროებში

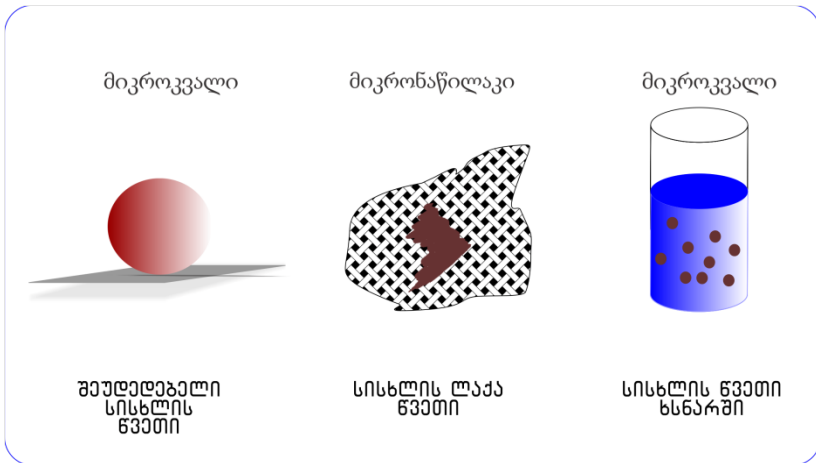
შეიძლება შეგვხვდეს განსხვავებული კლასიფიკაციების სახეები. ერთ-ერთი ასეთი ალტერნატიული კლასიფიკაციის მიხედვით მიკროობიექტები შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

### **მიკროობიექტები მატერიალური არსებობის ფორმის მიხედვით**

- ✓ მიკრონაწილაკები – ეს არის მცირე ზომის ობიექტები (სხეულები), რომელთა სივრცული საზღვრები და გარეგანი აღნაგობის ფორმები ფიქსირებულია, მაგრამ მკაფიოდ არ გაირჩევიან შეუიარაღებელი თვალისათვის.
- ✓ მიკროკვალი ეს არის უმცირესი ზომის მატერიალურ-ფიქსირებული კვალწარმომქმნელი ობიექტების რელიეფის ფრაგმენტების გამოსახულება, რომლის ფორმა, ზომა და ნიშანთვისებები შეუიარაღებელი თვალით არ ჩანს. აქ კვალწარმომქმნელი ობიექტი არის მიკროსხეული, ხოლო კვალმიმღები (კვალაქცეპტორი) ობიექტი – მაკროსხეული.
- ✓ ნივთიერების მიკრორაოდენობა – ეს არის ნივთიერება უმცირესი მასით, რომლის სივრცული საზღვრები არამგრადია და თვისებებისა და ბუნების დადგენა შეუძლებელია სპეციალური მაღალმგრძნობიარე მეთოდების გამოყენების გარეშე. ამ კატეგორიაში შეიძლება გავაერთიანოთ თხევადი, ფხვიერი და აირადი ნივთიერებები.

საზღვარი მიკროობიექტებსა და მიკროკვალს შორის ყოველთვის პირობითია, რადგან ნაერთებს შეუძლიათ იმყოფებოდნენ სხვადასხვა აგრეგატულ (მყარ, თხევად და აირად) მდგომარეობაში. მაგალითად, შეუდგებელი სისხლის შხეფები მიკროკვალია, შე-

დედების (გაშრობის) შემდეგ – მიკრონაწილაკები, ხოლო ეს უკანასკნელი საანალიზო ხსნარში ისევ მიკროკვალი ხდება (ნახ. 4).



**ნახ. 4. საზღვარი მიკროკვალსა და მიკროობიექტს შორის ხშირად პირობითია**

მეორეს მხრივ, მიკროკვალი ტერმინის ფართო გაგებით არის მატერიალურ ობიექტებში ცვლილებები, რომელიც გამოწვეულია მაკრონაწილაკების არსებობით ან მათი ზემოქმედებით. ხშირ შემთხვევაში, როდესაც ვსაუბრობთ მიკროკვალებზე, მხოლოდ მივუთითებთ მიკრონაწილაკების კვალის მნიშვნელობას, ამიტომ ასეთ შემთხვევაში მცნება “მიკროკვალი” მცნების “კვალი-მიკროობიექტები” კერძო შემთხვევაა. პრაქტიკაში, როდესაც მიკრონაწილაკები განიხილება ობიექტ-მატარებლებთან ერთად, მათ სამართლიანად უწოდებენ მიკროკვალს (მაგალითად, რაიმე თხევადი საღებავი უმცირესი რაოდენობით მოხვედრილი ტანსაცმელზე – ობიექტ-მატარებელზე არის საღებავის მიკროკვალი).

თუ მიკროობიექტები იზოლირებულია ობიექტ-მატარებლებიდან და შეისწავლება დამოუკიდებლად, მათი დასახელება “მიკროკვალად” არ არის მართებული.

## **მიკროობიექტები ხილვადობის მიხედვით**

უხილავად ითვლებიან მიკროობიექტები, რომლებიც ნორმალურ პირობებში (მაგ. ჩვეულებრივი განათების, სპეციალური მოწყობილობების გამოყენების გარეშე) მხედველობის ორგანოების მიერ არ აღიქმება. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ასეთი ობიექტები ჩვეულებრივ პირობებში არ ჩანს. მიკრონაწილაკების უხილადობის მიზეზი შეიძლება იყოს მათი მცირე ზომები (0.09-0.1 მმ) და ასევე გარემომცველ ფონთან ფერის ან სხვა თვისების დიდი მსგავსება.

სუსტადხილვადი ეწოდებათ იმ მიკროობიექტებს, რომელთა არსებობის ფაქტის დადგენა ვიზუალურად შესაძლებელია, მაგრამ დამატებითი შესწავლისათვის აუცილებელია დამხმარე სპეციალური მოწყობილობების გამოყენება. მიკროობიექტების სუსტადხილვადობის მიზეზი შეიძლება იყოს ნაწილაკები როგორც ზომის სიმცირე, ისე გარემო ფონთან დიდი თავსებადობა.

ხილული ეწოდებათ მიკრონაწილაკებს, როდესაც მათთან მუშაობა შეიძლება ნორმალური განათების პირობებში შეუიარაღებელი თვალით.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ობიექტების ხილვადობა, სუსტადხილვადობა და უხილავობა არ განსაზღვრავს ობიექტის გვარობას.

## **მიკროობიექტები მდგრადი ფორმის არსებობის მიხედვით**

მიკროობიექტების კლასიფიკაციის ერთ-ერთი ძირითადი კრიტერიუმი არის მისი მატერიალური არსებობის ფორმა. ამ კრიტერიუმით არჩევენ ნაწილაკებს, რომელთაც შესწევთ უნარი შეინარჩუნონ ფორმა მუდმივად. მათ მიეკუთვნებიან მყარი ფაზის მქონე ობიექტები. მეორე ტიპი მიეკუთვნება იმ ობიექტებს, რომელთაც არ შესწევთ უნარი, მუდმივად შეინარჩუნონ ერთიანი სხეულის გარეგანი ფორმა. ასეთ კატეგორიას მიეკუთვნებიან სითხეები, ფხვიერი მასალები. ისევე როგორც წინა კატეგორიაში, მკაცრი საზღვარი ამ ორ ტიპს შორის არ არსებობს. ფხვიერი მასალები, აგრეგატული მდგომარეობის (მყარი ფაზა) გამო სიტუაციის მიხედვით შეიძლება პირველ ქვეტიპსაც იქნას მიკუთვნებული.

## **მიკროობიექტები წარმოშობის მიხედვით**

მიკრონაწილაკები უშუალო წარმოშობის თვალსაზრისით იყოფა ორ ჯგუფად:

- ბუნებრივი წარმოშობის ნაწილაკები
- ხელოვნური ან სინთეზური წარმოშობის ნაწილაკები ანუ ნაწილაკები, მიღებული ისეთი მასალებიდან რომელიც ადამიანის მიერ არის მიღებული ან დამუშავებული.

პირველ ჯგუფში შეიძლება გამოიყოს ოთხი ქვეჯგუფი. ეს ქვეჯგუფები ხშირად განსაზღვრავენ კიდევ ექსპერტიზის სპეციალიზაციას და შემდგომი კვლევის მიმართულებას.

- ადამიანის ორგანიზმიდან მიღებული ნაწილაკები (თმის, კანის, ფრჩხილის ნაწილაკები და ა.შ.)
- ცხოველური წარმოშობის (ბეწვის, ბუმბულის ან სხვა ბიოლოგიური წარმოშობის) ნაწილაკები
- მცენარეული წარმოშობის (ყვავილის, თესლის, ფოთლების, ფესვების, ვარჯის და ა.შ) ნაწილაკები
- მინერალური წარმოშობის (ნიადაგის, წიაღისეულის, ძვირფასი მეტალების, ნედლი ნავთობის და ა.შ.) ნაწილაკები.

მეორე ჯგუფში შედიან მიკროობიექტები, რომლებიც მიღებულია დამუშავებული ან ადამიანის (მრეწველობის) მიერ მიღებული მასალებიდან და ნაკეთობებიდან. ისინი შეიძლება დაიყოს შემდეგ ქვეჯგუფებად:

- ✓ არაორგანული შედგენილობის მიკრონაწილაკები (მინის, კერამიკის, მეტალის ნაკეთობების ნამხსვრევები, შენადნობები, ქიმიური ნაერთები და ა.შ.)
- ✓ ორგანული წარმოშობის ნაწილაკები (შალის ან სხვა ბუნებრივი ბოჭკოების ქსოვილების, ქაღალდის, თამბაქოს, ხის ნაკეთობების ნაწილაკები და ა.შ.)
- ✓ შერეული შედგენილობის მიკრონაწილაკები (შერეული ბოჭკოს ქსოვილები, ლაქ-საღებავების ნაწილაკები და ა.შ.)

## მიკროობიექტები ვიზუალური მიკუთვნების მიხედვით

მიკროობიექტების დაყოფა შედგენილობის (გვარობის) მიხედვით ერთ-ერთი ექსპერტიზის უმთავრესი ამოცანაა, ვინაიდან მასზეა დამოკიდებული შემდგომი კვლევის წარმართვის მიმართულება და მათი ნივთმკიცებულებად გამოყენების შესაძლებლობა. ამ მიმართებით მიკრონაწილაკებს ექსპერტიზისათვის ყოფენ იმ ქვეჯგუფებად, რომელთა შესახებაც ექსპერტიზისათვის ცნობილია მზა, სტანდარტული შემდგომი კვლევის მეთოდები, როგორიცაა მაგალითად:

- ბოჭკოვანი ბუნების ობიექტების ექსპერტიზა
- ლაქ-საღებავებისა და დანაფარების ექსპერტიზა
- ნავთობპროდუქტებისა და საწვავ-საცხები მასალების ექსპერტიზა
- მინის ექსპერტიზა
- მეტალების, შენადნობებისა და მათი ნაკეთობების ექსპერტიზა
- პოლიმერული მასალების, პლასტმასების, რეზინისა და მათი ნაკეთობების ექსპერტიზა
- ნარკოტიკული და ფსიქოტროპული ნაერთების ექსპერტიზა; ალკოჰოლშემცველი მასალების ექსპერტიზა
- პარფიუმერული და კოსმეტიკური საშუალებების ექსპერტიზა

## მიკროობიექტები ობიექტ-მატარებელთან საკონტაქტო კავშირის სახის მიხედვით

მიკროობიექტი დანაშაულის ჩადენის ადგილზე ყოველთვის მდებარეობს გარკვეული მაკროობიექტის ზედაპირზე ან მის მოცულობაში, თუმცა დასაშვებია, რომ მიკრონაწილაკებსა და ობიექტ-მატარებელს შორის კავშირიც არ არსებობდეს (მაგალითად, სისხლის მიკრონაწილაკი იატაკის ფილაზე). ასეთ შემთხვევაში სიტუაციის მიხედვით მიმართავენ მიკროობიექტების როგორც ინდივიდუალურად, ისე კომპლექსურად (ობიექტ-მატარებელთან ერთად) შესწავლას.

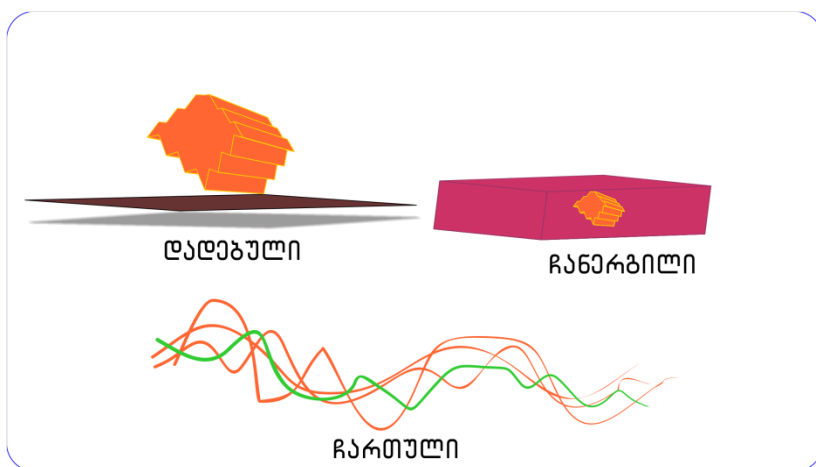
თუ მიკროობიექტსა და ობიექტ-მატარებელს შორის არსებობს კავშირი (მაგალითად, სისხლის მიკრონაწილაკი დანაშაულის ჩადენის იარაღზე), მაშინ მას ყოფენ ამ კავშირის გვარობის მიხედვით: დადებული მიკროობიექტი, ჩანერგილი მიკროობიექტი, ჩართული მიკროობიექტი (ნახ. 5).

ექსპერტიზის პრაქტიკაში ყველაზე ხშირად გვხვდება **დადებული მიკროობიექტები**, ანუ მიკროობიექტები, რომლებიც მდებარეობენ ობიექტ-მატარებლების ზედაპირზე და მათთან კავშირში. ეს კავშირი კი თავის მხრივ შეიძლება იყოს მეტად განსხვავებული. იგი დამოკიდებულია მიკრონაწილაკის ბუნებასა და კვალისმიმღები ობიექტის ზედაპირის თვისებაზე. ზედაპირზე ჩაჭიდებულობის სიმტკიცეს განაპირობებს ადჰეზიის ენერგია მიკრონაწილაკსა და მატარებელ-ზედაპირს შორის. მაგალითად, მიკრობოჭკოების ნაწილაკები ცუდად ეკვრებიან დანის პირზე, თუმცა ადვილად შეიძლება დამაგრდნენ დანის ჭრილებში ან სახელურში.

მიკროობიექტების ზედაპირზე დამაგრებას ხშირად განაპირობებს ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ძალები. ასევე გარკვეულ ზედაპირზე შეკავებას შეიძლება ხელი შეუწყოს მესამე

შემაკავშირებელმა ნივთიერებამ (მასალამ), როგორიცაა მაგალითად წყალი, ზეთი და სხვა თხევადი ნივთიერება.

**ჩანერგილი** მიკროობიექტები მიიღება მიკროობიექტის ობიექტ-მატარებელის მოცულობაში შეჭრის შემთხვევაში. მაგალითად თხევადი და ფოროვანი მასალის ურთიერთქმედებისას. ქსოვილზე საღებავის მოხვედრისას ადგილი აქვს ქსოვილის (ფოროვანი მასალის) მიერ საღებავის წვეთების ადსორბციას. თხევადი საღებარი გაიწოვება ბოჭკოს ფორებით და მაგრდება შეუქცევადად. ასეთ შემთხვევაში ლაქ-საღებავის მიკროობიექტი კარგავს ინდივიდუალობას და იგი განხილული უნდა იქნას ობიექტ-მატარებელთან ერთად.



**ნახ. 5. მიკროობიექტები ობიექტ-მატარებელთან საკონტაქტო კავშირის სახის მიხედვით**

საექსპერტო პრაქტიკაში ასევე ხშირია შემთხვევები, როდესაც გარკვეული ობიექტის შესწავლისას მის სხეულში გვხვდება ჩართული მიკრონაწილაკები. მათი თავისებურება ხშირად მდგომარეობს

იმაში, რომ მათ შეიძლება არ ჰქონდეთ კავშირი დანაშაულთან: მათი მოხვედრა ობიექტ-მატარებლებზე შეიძლება განპირობებული იყოს მოცემული დეტალის დამზადება, ექსპლუატაცია და ა.შ. მაგრამ ამავდროულად უნდა გვახსოვდეს, რომ მათ გააჩნიათ არსებითი მნიშვნელობა საექსპერტო გამოკვლევისას, ვინაიდან აქვთ უზარმაზარი საიდენტიფიკაციო მნიშვნელობა, რაც ხშირად ქმნის იმის აუცილებლობას, რომ ისინი განხილულნი იქნან საკვლევი პრობლემის კონტექსტში.

## **მიკროობიექტები ფიზიკური თვისებების მიხედვით**

პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მიკროობიექტების კლასიფიკაციას ფიზიკური თვისებების მიხედვით (მათ შორის აგრეგატული მდგომარეობის მიხედვით). მაგალითად, მიკროობიექტები მათი ურთიერთქმედების უნარის ანუ შესაძლებლობების მიხედვით მაგნიტურ და ელექტრულ ველთან შეიძლება დაიყოს ფერომაგნიტურად და პარამაგნიტურად.

დისპერსულობის ხარისხისა და აგრეგატული მდგომარეობის მიხედვით გამოყოფენ: თხევად, მყარ და ფხვნილისებრ ნივთიერებას.

ელექტრული დენის გატარების შესაძლებლობის მიხედვით მიკროობიექტები იყოფა გამტარებად და დიელექტრიკებად.

ასეთი კლასიფიკაცია მნიშვნელოვანია მიკროობიექტების ექსპერტიზის დროს, მაგალითად, რასტრული ელექტრონული მიკროსკოპის და სხვა სპეციალური ტექნიკური საშუალებების გამოყენებისას.

## **მიკროობიექტები სხვა ნიჰანთვისების მიხედვით**

მიკროობიექტების დაყოფა სხვა საფუძველზე ძირითად შემთხვევაში ეხება დანაშაულის მოვლენის ელემენტებს. მას მიეკუთვნება მიკროობიექტები, რომელიც ჩამოცილებულია დამნაშავისაგან (სხეულის რომელიმე ნაწილი, ტანსაცმელი, ფეხსაცმელი და ა.შ.); მსხვერპლისაგან (სხეულის რომელიმე ნაწილი, ტანსაცმელი, ფეხსაცმელი და ა.შ.); დანაშაულის იარაღისაგან; სატრანსპორტო საშუალებისაგან და ა.შ. მიკროობიექტებისათვის მიზანშეწონილია გამოიყოს შემდეგი კლასიფიცირებული სისტემები და დონეები:

- კლასიფიკაცია, რომელიც აადვილებს მიკროობიექტის აღმოჩენასა და ამოღებას (პირველი დონე)
- კლასიფიკაცია, რომელიც წინასწარ შემოფარგლავს მიკროობიექტებს გარკვეული შეხედულებისამებრ, რომლის შესაბამისად განსაზღვრავს მის შემდგომ მიკუთვნებას ამა თუ იმ სახის ექსპერტიზისადმი (მეორე დონე).
- ექსპერტული კლასიფიკაცია, რომელიც დაფუძნებულია მიკროობიექტების წარმომავლობით (ჯგუფურ) კუთვნილებაზე.

## მიკრონაწილაკების აღმოჩენის ფიქსაციისა და კვლევის პრობლემები

---

თანამედროვე ტექნიკო-კრიმინალისტიკური მეთოდების და საშუალებების გამოყენებით კვალი – მიკროობიექტების შეგროვება და გამოკვლევა სულ უფრო და უფრო დიდი მნიშვნელობას იძენს აუცილებელი საძიებო და ნივთმტკიცებითი ინფორმაციის თვალსაზრისით. განსაკუთრებით დიდია ტექნიკო-კრიმინალისტიკური საშუალებების მნიშვნელობა ძიების პირველ ეტაპზე მიკროობიექტების აღმოჩენაში. ისინი საშუალებას გვაძლევენ მნიშვნელოვნად შევამციროთ ჩასატარებელი საძიებო მოქმედებებისა და ოპერატიულ-სამძებრო ღონისძიებების მოცულობა და აქედან გამომდინარე ეკონომია გავუწიოთ ძალებსა და საშუალებებს, შევამციროთ საქმის გახსნის ვადები. მიკროობიექტები სულ უფრო განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენენ, ვინაიდან დამნაშავეთა სამყარო თავად განიცდის ევოლუციას და დანაშაულის ადგილზე სულ უფრო მცირე რაოდენობით ტოვებს შესამჩნევ სამხილებს. ასეთ შემთხვევაში დანაშაულის ჩადენის ადგილზე აღმოჩენილი მიკროობიექტები წარმოადგენენ პირდაპირ მტკიცებულებას. მიკროობიექტებთან მუშაობისას უნდა იქნას დაცული ზოგადი და კერძო პრონციპები.

ზოგად პრინციპებს მიეკუთვნება დანაშაულის ადგილის გადაუდებელი გამოკვლევა მიკროობიექტების აღმოჩენის თვალსაზრისით; გამოძიებაში გამომძიებლისა და სპეციალისტ-ექსპერტის აუცილებელი თანამონაწილეობა; თანამედროვე ტექნიკური საშუალებების, ხერხებისა და მეთოდების გამოყენება საკვლევი მიკროობიექტების დაზიანების, სახეცვლილების გარეშე.

დათვალიერების ტაქტიკა აირჩევა ჩადენილი დანაშაულისა და შესაძლო მიკროკვალებს შორის კანონზომიერი კავშირის არსებობის გათვალისწინებით.

მიკროობიექტებთან მუშაობისას *სისტემურ-მიზნობრივი მიდგომა* ითვალისწინებს ტაქტიკას, რომლის არსი გამოისახება იმით, რომ დანაშაულის ადგილზე არსებული მრავალრიცხოვანი მიკროობიექტებიდან აირჩევა მხოლოდ დანაშაულთან კავშირში მყოფი მიკრონაწილაკები.

გარდა ზოგადი მიდგომებისა არსებობს კერძო მიდგომის ფორმებიც:

- მაქსიმალური სიფრთხილე და სტერილურობა ობიექტთან მუშაობის დროს.
- შენარჩუნება და ამოღების შესაძლებლობა მიკროობიექტებისა ობიექტ-მატარებლებიდან.
- დანაშაულის ადგილზე მიკროობიექტების ექსპრეს-ანალიზი.
- მიკროობიექტების ზედმიწევნითი ფიქსაცია და შეფუთვა შემდგომი ექსპერტიზის ჩასატარებლად.

მიკროობიექტებთან მუშაობა შეიძლება დაიყოს შემდეგ პირობით სტადიებად: მოსამზადებელი; აღმოჩენა (ძებნა); წინასწარი ფიქსაცია (ფოტო და ვიდეო გადაღება) და დათვალიერება; ამოღება; წინასწარი გამოკვლევა და ამოცნობა (ექსპრეს-ანალიზი) დანაშაულის ჩადენის ადგილზე; საბოლოო ფიქსაცია ოქმში, შეფუთვა და გამოძიებისათვის გადაცემა; ნივთიერ მკიცებულებებად ცნობა და შენახვა; მომზადება და ექსპერტიზაზე გაგზავნა.



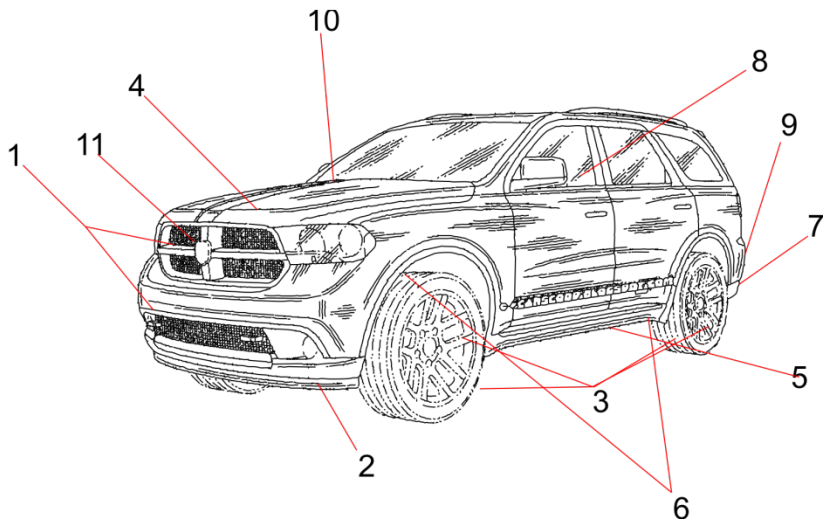
**სურ. 1. ნიმუშების ამოღება**

მიკრობიექტების აღმოჩენის მეთოდები ორ ჯგუფად იყოფა. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ძეზისა და აღმოჩენის ვიზუალური მეთოდები, არეკლილი ბუნებრივი განათების პირობებში და გამადიდებელი მოწყობილობების (ლინზა, მიკროსკოპი) გამოყენებით.

მეორე ჯგუფს წარმოქმნიან მიკრონაწილაკების აღმოჩენის ფიზიკური და ქიმიური მეთოდები, რომლებიც უშუალოდ ხორციელდება ტექნიკური საშუალებების (აპარატურა, მოწყობილობები, შუქფილტრები) გამოყენებით, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მიკრობიექტები შევისწავლოთ უი ან იწ სხივებით, სპეციალური ქიმიური ანალიზის აპარატებში და ა.შ. როგორც წესი ლაბორატორიულ პირობებში.

გრუნტის ნაწილაკების სინჯის აღების და უშუალო ანალიზის ჩატარების შესახებ საინტერესო სახელმძღვანელოს წარმოადგენს ა. მაზურეკის მიერ 2000 წელს გამოქვეყნებული ნაშრომი, რომელიც დღეისათვის აღმოსავლეთ ევროპის კრიმინალისტიკური ლაბორატორიების სამაგიდო წიგნად იქცა [7].

ასევე საინტერესოა რ. მანროუს მიერ გამოცემული ნაშრომი, რომელშიც საკმაოდ დეტალურად არის აღწერილი სინჯის აღების ტექნოლოგია, მათ შორის ავტომატურიდან [8].



ნახ. 6. რ. მანროუს მიერ შემუშავებული ავტომატურიდან გრუნტის მტერის ნაწილაკების სინჯის აღების ნაწილები: 1- წინა ბამპერისა და ცხაურას გარე ზედაპირი; 2- წინა ბამპერისა და ცხაურას შიგა ზედაპირი; 3- ყველა საბურავი და დისკი; 4- ძრავის ნაკვეთური კარბურატორის, ჰაერის შეწოვისა და ფილტრაციის მოწყობილობების ჩათვლით; 5-მოპირკეთებული (ხაოიანი) ზედაპირები; 6- ფურცლოვანი რესორებისა და ზამბარების შიგა ზედაპირები; 7- მაყუჩისა და კონდენსატორის ზედა ზედაპირები; 8- მგზავრებისათვის განკუთვნილი ნაკვეთური; 9-უკანა ბამპერის შიგა და გარე ზედაპირები; 10-წვიმის წყლის გასასვლელი ნაკვეთურები და ცხაურები; 11- აირგამყვანი მილის კოლექტორი

თუმცა ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ მოცემულ დეტალებს შეიძლება დაემატოს ნებისმიერი სხვა დეტალიც სიტუაციიდან გამომდინარე.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გრუნტის მიკრონაწილაკების მაკრო ან მიკროსკოპული ნაწილაკების შესწავლისას, პირველ რიგში ყურადღება უნდა მიექცეს, ხომ არ შეიცავს იგი ისეთ დამატებით ჩანარ-

თებს, როგორცაა ლაქ-საღებავების, თმის, ბოჭკოების, მინის და ა.შ. ნაწილაკებს. ასეთ შემთხვევაში, პირველ რიგში ეს ჩანართი მიკრონაწილაკები შეისწავლებიან მათი ანალიზის შედარებითი სიმარტივის გამო და როგორც კრიმინალისტიკური პრაქტიკა აჩვენებს, ხშირად იძლევიან საკმარის ინფორმაციას და თავიდან გვარიდებს გრუნტის ნაწილაკების შრომატევად ანალიზის ჩატარების აუცილებლობას.

ლიტერატურაში არა ერთი კრიმინალისტიკური საქმის ამსახველი ფაქტებია აღწერილი, როდესაც არაბუნებრივმა ჩანართებმა გადამწყვეტი როლი ითამაშა საქმის გახსნაში [1-4].

#### საქმე № X-002

კალიფორნია. ავტოსაგზაო ინციდენტის შედეგად მამაკაცი გარდაიცვალა. დამნაშავემ, რომელიც სატვირთო ავტომობილის მძღოლად მუშაობდა და ქვიშის კარიერიდან რეგულარულად ახორციელებდა ქვიშის გადაზიდვას, მსხვერპლის გვამი 300 მილის მოშორებით გადაადგომორიგი რეისის შესრულებისას თავიდან მოცილია...

... გვამი გახვეული იყო საავტომობილო ზეთიან წინსაფარში, რამაც განსაზღვრა გამოძიების სწორი გზით მიმართულება. მაგრამ, გადამწყვეტი როლი იქონია ქვიშის ნაწილაკებმა, რომელიც მხოლოდ იმ კარიერზე მოიპოვებოდა... [4]

#### საქმე № X-003

ზემო მიჩიგანი. განხორციელებული იქნა ძარცვა... დანაშაულის ადგილზე აღმოჩენილი იქნა სამი გატეხილი ყვავილის ქოთანს და იატაკზე მიმოფანტული ყვავილების მიწა...

... მოგვიანებით, დამნაშავისათვის ბრალის წაყენებისას ძირითად სამხილად გამოყენებული იქნა ბრალდებულის ფეხსაცმელზე აღმოჩენილი გრუნტის მიკრონაწილაკები, რომელიც ანალოგიური იყო დანაშაულის

ადგილზე იატაკზე მიმოფანტული მიწის ნაწილაკების. ასევე დამატებით მტკიცებულებად იქნა გამოყენებული ერთ-ერთ ქოთანზე შერჩენილი ლურჯი ფერის ბოჭკოს სამი ძაფი, რომელიც ბრალდებულის შარვლის იდენტური იყო...[3]

#### საქმე № X-004

იაპონია. ჰიროსიმა. უნივერსიტეტში საკუთარ ოთახში აღმოაჩინეს გარდაცვლილი პროფესორი. გვამს ტანსაცმელზე აღენიშნებოდა ქვიშის ნაწილაკების კვალი. გამოძიების თავდაპირველ ეტაპზე გაურკვეველი იყო მათი მოხვედრის მოტივი... მოგვიანებით ექსპერტიზამ დაადგინა, რომ აღმოჩენილი ქვიშის ნაწილაკები იყო იდენტური მისსავე ლაბორატორიაში საანალიზოდ შენახული ქვიშის ნაწილაკებისა, რომელთაც ერთნაირი და მეტად უნიკალური კრისტალური ფორმები ჰქონდათ. ამ აღმოჩენამ მიემატა სწორ კვალზე დააყენა და მკვლელი იმავე ლაბორატორიის თანამშრომლებში იქნა აღმოჩენილი... [1]

## მიკრონაწილაკების ანალიზი

---

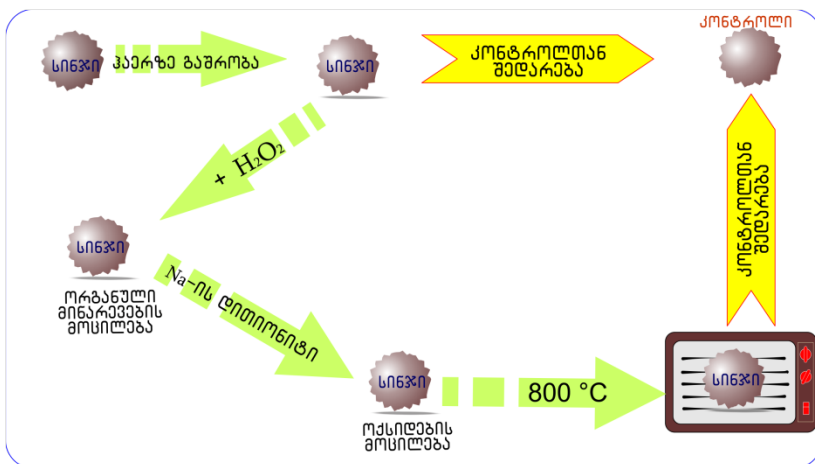
### აღმოჩენის მეთოდები (სკრინინგი)

კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით მიკრონაწილაკების ანალიზი ითვალისწინებს საანალიზო და საკონტროლო ნიმუშის ურთიერთ-შედარებას. ანალიზის სირთულე გამომდინარეობს თვით საანალიზო მასალის თვისებებიდან.

თუ ანალიზის მიზანია ქვიშის ნაწილაკების მიხედვით ადგილმდებარეობის განსაზღვრა, მაშინ აუცილებელია, რომ საკონტროლო ნიმუში რამდენიმე ადგილზე იქნას აღებული.

შედარებით ყველაზე მარტივი და სწრაფი სკრინინგ მეთოდია ნაწილაკების შედარება ფერის ან მასალის გვარობის (ქვიშა, მინა, ბოჭკო და ა.შ.) მიხედვით.

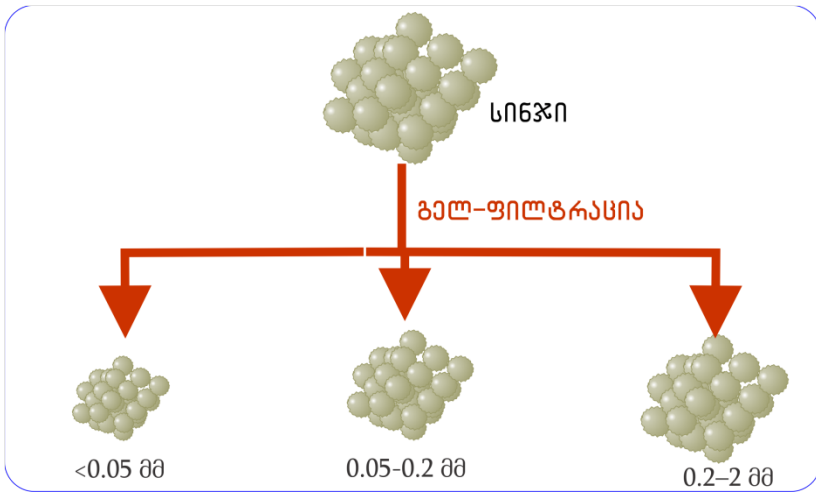
ე. იუნგერის მიერ შემოთავაზებულია ჰაერზე გამშრალი მიკრონაწილაკების ფერის მიხედვით შედარება/განსხვავება [9]. ი. სუგიტა და რ. მარუმო გვთავაზობენ შედარებით უფრო დახვეწილ სკრინინგის მეთოდს [10, 11]. კერძოდ, მოცემული მეთოდის თანახმად, საანალიზო და საკონტროლო ნიმუშების ერთმანეთთან შედარება ხდება როგორც ჰაერზე გამშრალი, ისე დამუშავებული სახით. დამუშავება ითვალისწინებს ორგანული მინარევების მოცილებას წყალბადის პეროქსიდით ურთიერთქმედებით, რკინის ოქსიდის გამორეცხვას ნატრიუმის დითიონიტით და ელექტროლუმელში გამოწვას 850 °C-ზე (ნახ. 7).



ნახ. 7. მიკრობიექტების სკრინინგ მეთოდი სუგიტა და რ. მარუმო მიხედვით

კრიმინალისტიკური ექსპერტიზის თვალსაზრისით ნაწილაკების გარჩევის მეთოდს წარმოადგენს ასევე ნაწილაკების ზომის განაწილების მეთოდი. ი. სუგიტასა და რ. მარუმოს მიერ შემოწმებული იქნა მათი გამოყენება კრიმინალისტიკური ექსპერტიზისათვის საიმედოობის თვალსაზრისით. კერძოდ, ცნობილია, რომ აღნიშნული მეთოდი ითვალისწინებს მიკრონაწილაკების სველი გაცრის (გელ-ფილტრაცია) მეთოდოლოგიას. აღნიშნული მეთოდი საკმაოდ რთული ჩასატარებელია კრიმინალისტიკურ ლაბორატორიებში, ვინაიდან მოითხოვს დიდი რაოდენობით წყლის გამოყენებას. ზემომოყვანილი ავტორები აღნიშნული მეთოდის გამარტივებულ ვარიანტს გვთავაზობენ. კერძოდ სველი გაცრის მეთოდს იყენებენ მხოლოდ მცირე ზომის (0.05მმ) და უხეში ნაწილაკების დასაცილებლად. შუა ფრაქციას ყოფენ კასკადური საცრების გამოყენებით. შედეგად შესაძლებელია მიღებულ იქნას 9 სხვადასხვა დისპერსულობის ფრაქცია. თუმცა ავტორები იმასაც შენიშნავენ

რომ ხშირ შემთხვევაში სამი ფრაქცია:  $<0.05$ ,  $0.05-0.2$  და  $0.2-2\text{მმ}$  აბსოლუტურად მისაღებია კვლევისათვის (ნახ. 8).



ნახ. 8. მიკრონაწილაკების გელ-ფილტრაცია

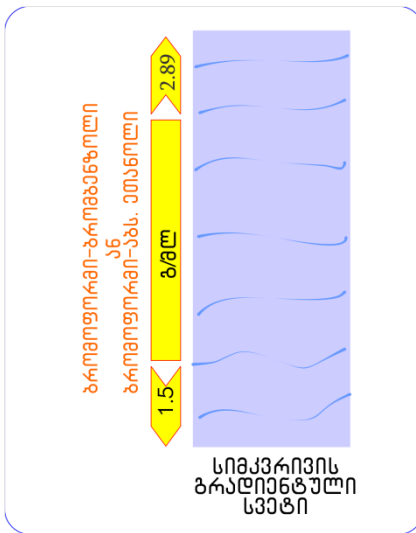
მცირე ზომის ნაწილაკების დაყოფა (გარჩევა) შესაძლებელია ნაწილაკის ზომის ანალიზატორების საშუალებით (ნახ. 9).



ნახ. 9. Horiba LA-300 PSD ანალიზატორი

## სიმაკვრივის გრადიენტული განაწილება

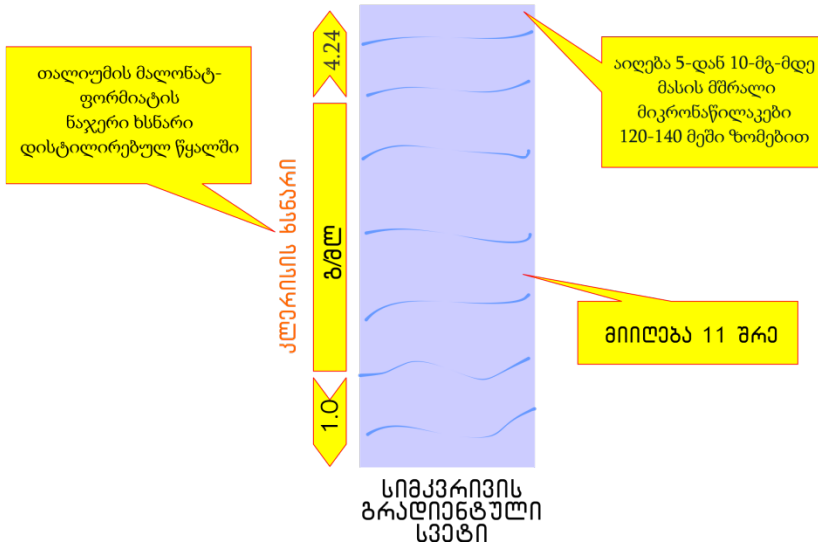
სიმკვრივის გრადიენტული განაწილების გაუმჯობესებული მეთოდი მოწოდებულია პეტრაკოს მიერ [12]. სიმკვრივის გრადიენტის სვეტი დამზადებულია ბრომოფორმი/ბრომბენზოლის ან ბრომოფორმი/ აბსოლუტური სპირტის გამოყენებით. მაგრამ მისი სიმკვრივე (2.89 – 1.5 გ/მლ) არ უზრუნველყოფს ქვიშის ნაწილაკების მთელი სპექტრის გარჩევადობას. შეიძლება ითქვას, რომ სწორედ ეს წარმოადგენს ამ მეთოდის ერთერთ ყველაზე ნაკლოვან მხარეს. გარდა ამისა მიღებული შედეგები შეიძლება იყოს ნაკლებად სარწმუნო იმიტომაც რომ ორ სხვადასხვა მასალას შეიძლება აღმოაჩნდეს ერთი და იგივე სიმკვრივე. ამ პრობლემების ანალიზს მიუძღვნა თავისი შრომები თედრომ [13].



**ნახ. 10. სიმკვრივის  
გრადიენტული განაწილების  
სვეტი**

სიმკვრივის გრადიენტული განაწილების მეთოდის გაუმჯობესებულ ვარიანტში გამოიყენება ე.წ კლერისის ხსნარი რომელიც

წარმოადგენს თალიუმის მალონატ-ფორმატის ნაჯერ ხსნარს დისტილირებულ წყალში რომლის სიმკვრივე ვარირებს 4.24- 1.0 გ/მლ ფარგლებში და წარმოქმნის 11 შრეს. საკვლევი ნიმუშის ერთი ღამით გაჩერების შემდეგ ხდება მისი დაყოფა სიმკვრივების მიხედვით. ნიმუშად შეიძლება აღებული იქნას 5-დან 10-მგ-მდე მშრალი მიკრონაწილაკების მასა 120-140 მეში ზომებით (ნახ. 11)



ნახ. 11. სიმკვრივის გრადიენტული განაწილების სვეტი კლერისის ხსნარით

## პირველადი (ძირითადი) მინერალები

მიკრონაწილაკების ოპტიკური მეთოდებით შესწავლა ითვალისწინებს პოლარიზაციული მიკროსკოპის გამოყენებას და ექსპერიმენტატორის მაღალ კვალიფიკაციას. შეიძლება თამამად ითქვას, რომ მიკრონაწილაკების ანალიზი მიკროსკოპული საშუალებებით ერთერთი უმთავრესია კრიმინალისტიკურ ექსპერტიზაში.

კრიმინალისტიკურ პრაქტიკაში ერთ-ერთი ფართოდ გავრცელებული მიკრონაწილაკები არიან მინერალები. როგორც წინათავე გვითხრობდა, იქნა აღნიშნული, მათი ანალიზი მეტად რთული და შრომატევადია.

ბოლო წლებში სამეცნიერო ლიტერატურასა და სიმპოზიუმების მასალებში უამრავი მასალა მოიძიება, რომელშიც აღწერილია არსებული მეთოდების გამარტივების გზები.

მაგალითად, ა. იშვიტარის მიერ შემუშავებულია 200 მინერალის საიდენტიფიკაციო დიაგრამა [14]. მისი საშუალებით შესაძლებელია მინერალების განსაზღვრა მართკუთხა კოორდინატების მიხედვით. თვით კოორდინატებად დატანილია პოლარიზაციული მიკროსკოპით განსაზღვრული ოპტიკური მახასიათებლები. ორდინატაზე გადაზომილია ფერი, რომელიც მიღებულია ბრტყლად პოლარიზებულ განათებაში, რეფრაქციის ინდექსი, დაქუცმაცებულობა, ხოლო აბსცისაზე გადაზომილია ოპტიკური აქსიალური კუთხე  $2V_z$  და კონოსკოპური ფიგურა. დამატებით, ექსტინქციის კუთხე, შეტყუპება, ორმაგ სხივთა ტეხვის და ანომალური ინტერფერენციული ფერი, რომელიც მიიღება ჯვარედინ პოლარიზებში დიაგრამაზე დატანილი აღნიშვნებითა და ჩარჩოებით. მოცემული საიდენტიფიკაციო დიაგრამის მიზანია ქანებში შემავალი მინერალების იდენტიფიკაცია.

კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით მისი გამოყენებისათვის საჭიროა დიაგრამა გამარტივდეს, რისთვისაც დიაგრამაზე ტოვებენ მხოლოდ გრუნტში შემავალ მინერალებს.

სკანირებული ელექტრონული მიკროსკოპის გამოყენება, რომელიც აღჭურვილია X-სხივების სპექტრომეტრი (SEM-EDX)<sup>i</sup> ერთ-ერთი ყველაზე პროგრესული მეთოდია მინერალების ანალიზში. მისი გამოყენებით მაკვიქარისა და გრეივსის მიერ შემუშავებულია მიკრონაწილაკების ძეგლისა და ანალიზის ტექნიკა [15].

მოცემული ტექნიკის ერთ-ერთი საკვანძო საკითხია საანალიზო მინერალების დატანა ადჰეზიურ ფირზე, რომელიც თავსდება აპარატის სინჯის დამჭერ მექანიზმზე. ამ დროს ნაწილაკების დატანის ფორმას აქვს უდიდესი მნიშვნელობა, ვინაიდან მეთოდის მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარე, აპარატი მომიჯნავე ნაწილაკებს განიხილავს როგორც ერთ ნაწილაკს.

ამიტომ თანამედროვე მოწყობილობებში სინჯის მოსათავსებელ კამერაში ქარხნულად დამონტაჟებულია სპეციალური ადჰეზიური მასალით დაფარული ფირი, რომელზეც წვრილდისპერსული ნაწილაკები დაიტანება სპეციალური საცრების საშუალებით. წვრილდისპერსული მასალა ადჰეზიურ ზედაპირზე წარმოქმნის ნაწილაკოვან ზადეს.

მიღებული მონაცემების დამუშავებისათვის გამოიყენება პროგრამა Zeppelin, რომელიც ახორციელებს სინჯის ელემენტური შედგენილობის ჩაწერას და კლასიფიკაციას.

---

<sup>i</sup> Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectrometer

## თიხოვანი მინერალები

თიხოვანი მინერალები გრუნტში მოხვედრილია პირველადი მინერალების (ქანების) ეროზიის შედეგად. ამიტომ მათი ანალიზი საინტერესოა იმ თვალსაზრისით, რომ ყოველთვის შესაძლებელია ძირითად მინერალებსა და თიხოვან მინერალებს შორის კავშირის მოძიება.

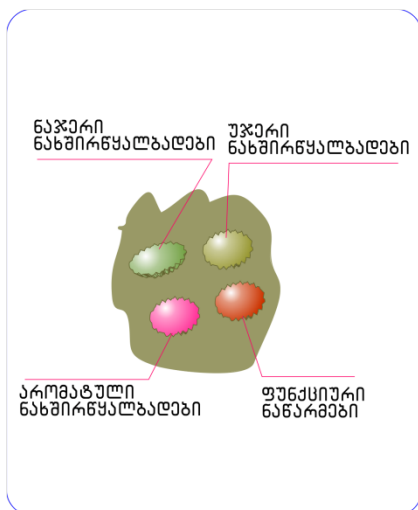
თიხოვანი მინერალები იმდენად მცირე ზომისაა, რომ მიკროსკოპის საშუალებით არ ჩანს. მათი ანალიზისათვის ძირითადად გამოიყენება X-სხივების დეფრაქცია (XRD), ტრანსმისიური ელექტრონული მიკროსკოპია, დიფერენციული თერმული ანალიზი ან ინფრაწითელი სპექტრომეტრია.

მაკალისტერისა და სმიტის მიერ შემუშავებულია თიხოვანი მინერალების სწრაფი განსაზღვრის ტექნიკა XRD მეთოდის საფუძველზე [16]. ტექნიკა დაფუძნებულია იმ ფაქტზე, რომ თიხოვანი მინერალების უმეტესობას გააჩნია ბრტყელი აღნაგობა. XRD მეთოდით ისაზღვრება მინერალების ბაზალური (ძირითადი) წანაცვლება (ბიჯი). მეთოდის გამოყენების სირთულე მდგომარეობს მინერალის ნაწილაკების ერთნაირი ორიენტაციით დატანაში. ამისათვის შემუშავებულია მრავალი ალტერნატიული მეთოდი, მაგრამ ყველაზე პროგრესულ, შედარებით მარტივ და ეფექტურს წარმოადგენს სპეციალური მემბრანების გამოყენება.

## ორგანული მასალები

გრუნტის ნაწილაკები დიდი რაოდენობით მოიცავს ორგანულ მინარევებს, ძირითადად ჰუმუსების სახით. ჰუმუსები თავისი

შედგენილობით ურთულესი აღნაგობისა და შედგენილობისანი არიან შეიცავენ რა უამრავ ნაჯერ, უჯერ და არომატულ ნახშირწყალბადებსა და მათ ფუნქციურ ნაწარმებს (ნახ. 12).



**ნახ. 12. ჰუმუსის შემადგენელი კომპონენტები**

ამდენად, როგორც წესი, კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით ორგანული მინარევები არ შეისწავლებიან.

თუმცა ლიტერატურაში მაინც მოიპოვება მცირე რიცხოვანი შრომები, რომელშიც ნაჩვენებია ფურიე-იწ სპექტრომეტრიის გამოყენების შესაძლებლობა გრუნტის ნაწილაკებში ორგანული მინარევების შესწავლისას. აღნიშნული ტექნიკა ითვალისწინებს გრუნტის ნაწილაკების იწ სპექტრების ჩაწერას და ურთიერთ-შედარებას გამოწვამდე და გამოწვის შემდეგ. გრუნტის გამოწვის შედეგად ორგანული მინარევები სცილდება საანალიზო მასას და სპექტრებს შორის სხვაობა მიეწერება ორგანულ კომპონენტებს [17].

## მიკრობიოლოგია

გრუნტის ნაწილაკების მიკრობიოლოგიური კვლევა მეტად რთულია და მას კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით პრაქტიკულად არ მიმართავენ. თუმცა უნდა ითქვას, რომ გარკვეული ავტორების მიერ მაინც მიეთითება, რომ როგორც მიკრობიოლოგიური ობიექტების სტანდარტული ან მოდიფიცირებული მეთოდების გამოყენება შესაძლებელია [18, 19].

## ყვავილის მძვარი და სხვა ბოტანიკური მასალები

როგორც უკვე იყო აღნიშნული, მიკრონაწილაკების შესწავლისას კრიმინალისტიკის მიზანი არის კავშირის დადგენა ორ ობიექტს შორის, როგორებიცაა დამნაშავე და მსხვერპლი, დანაშაულის ადგილი და დანაშაულის ჩადენის იარაღი ან სატრანსპორტო საშუალება. ამიტომ მიკრონაწილაკებში ყვავილის მტვრის აღმოჩენა და შესწავლა საკმაოდ მნიშვნელოვანია, ვინაიდან იგი თავისი გავრცელების სპეციფიურობიდან გამომდინარე ყოველთვის ტერიტორიის უფრო ვიწრო რეგიონზე მიუთითებს, ვიდრე სხვა (მაგ. გრუნტის ან თიხის) მიკრონაწილაკები. ყვავილის მტვრის მიკრონაწილაკები გრუნტის ნაწილაკებზე გადადის სხვადასხვა მექანიზმით. ქარის საშუალებით გადატანისას შედარებით უფრო დიდი ტერიტორიის „დანაგვიანება“ ხდება და შესაბამისად კრიმინალისტიკისათვის ნაკლებ საინტერესო ხდება. ხოლო რაც შეეხება მწერების მიერ გადატანილ ყვავილის მტვრის ნაწილაკებს, ისინი ყოველთვის მცენარიდან ახლოს მოიპოვებიან და ძიებისათვის უფრო მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მიწოდება შეუძლიათ.

აღნიშნული ნაწილაკების შესწავლის ერთ-ერთი პროტოკოლი მოწოდებული არის იირინგის მიერ, რომელშიც ტრადიციულ მეთოდებთან ერთად შემოთავაზებულია მოდიფიცირებული მეთოდებიც [20, 21, 22]. მიკროსკოპით შესწავლისათვის სინჯის მომზადების პროცედურა შეიძლება შემდეგი სახით გაიწეროს:

- **გასუფთავება.** აპარატურა მთლიანად უნდა გაიწმინდოს საგულდაგულოდ, რათა თავიდან ავიცილოთ სინჯების გადაფარვა. გამოყენებული უნდა იქნას სუფთა ახალი სასაგნე ფირები, რომელიც წინასწარ ასევე უნდა შემოწმდეს, რომ არ მოიცავენ რაიმე სახის მიკრონაწილაკებს.
- **სინჯის დანაწევრება.** ნაწილაკები, რომელიც აგლომერირებულები არიან ყვავილის მტვრის ნაწილაკებთან, უნდა დანაწევრდეს. შესველება უნდა განხორციელდეს ფრთხილი მორევით მცირე რაოდენობის სიმკვრივით განმაცალკეებელ სითხეებთან<sup>i</sup>. ასევე ძალიან ეფექტურია ულტრაბგერითი შენჯღრევა.
- **გრუნტის ნაწილაკების ფრაქციონირება.** ყვავილის ნაწილაკების ზომა, როგორც წესი, 100 მიკრონს არ აღემატება. ამიტომ სინჯი წინასწარ უნდა გაიცრას, რათა მოცილებული იქნას სხვა სახის „მინარევები“. შესაბამისად, სავლევო ობიექტის რაოდენობა მნიშვნელოვნად მცირდება.
- **სიმკვრივეებით სეპარირება.** სეპარირებისათვის გამოიყენება თუთიის ბრომიდი ( $1.81 \text{ გ ZnBr}_2$  1 მლ შემჟავებულ დისტილირებულ წყალში. მაგრამ მან შეიძლება დაარღვიოს კალციტების კრისტალური სტრუქტურა. ამიტომ შეიძლება გამოყენებული იქნას ისეთი ორგანული გამხსნელები, რომეთა სიმკვრივეც  $2 \text{ გ/მლ-ზე}$  მეტია (მაგ. ტრიქლორეთილენი/ბრომოფორმი).

---

<sup>i</sup> Density Separation liquids

- **მძიმე ფრაქციის გამოყოფა.** აცეტონის რამდენიმე წვეთი და ხანმოკლე ცენტრიფუგირება გამოანთავისეფლებს წინა საფეხურზე დარჩენილ მძიმე ფრაქციას.
- **ჰუმუსების გადამუშავება.** ყვავილის მტვრის მიღებულ ფრაქციას ადუღებენ 1-2 წუთის განმავლობაში 10%-იან (მოცულობა) კალიუმის ან ნატრიუმის ტუტის ხსნართან.
- **სილიკატების გახსნა.** თუ სინჯი მოიცავს მცირე რაოდენობის ქანების ან თიხის მინერალებს, მაშინ მას ამატებენ 35-48%-იან ფთორწყალბადმჟავას, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ეს სტადია ხშირად არ არის საჭირო.
- **ჰიდროლიზი და აცეტოლიზი.** ამ სტადიაზე ტარდება ცელულოზის აცეტილიტების რეაქცია მმარმჟავის ანჰიდრიდით ბოჭკოვანი მასალების მოცილების მიზნით.
- **აცილირებული ყვავილის მტვრის ფრთხილი გაუფერულება.** ყვავილიდან წინასწარ გამოყოფილი და ახლად მიღებული მტვრის ნაწილაკები შეიძლება მარკირებული იქნას ყავისფერ ფერში აცეტილირებით. ამიტომ ანალიზის ჩატარების წინ შეიძლება საჭირო გახდეს მათი დეაცეტილირება, რისთვისაც გამოიყენება ნატრიუმის ჰიპოქლორიტის ხსნარი (5.25-10%).
- **დიდი ზომის მინარევების მოცილება.** თუ სინჯი მოიცავს 200 მიკრომზე დიდი ზომის შავი ფერის ნახშირბადოვან მინარევებს, ისინი საცრის საშუალებით უნდა იქნას მოცილებული, რათა თავიდან ავირიდოთ ინტერფერენციული მომენტები.
- **მარკირება.** მარკირება წარმოებს სამი ტიპის მარკერით: საფრანხი O, კალბერას ხსნარი, კარბოლ ფუქსინი.
- **სინჯის მოთავსება.** ყვავილის მტვრის ექსტრაქტს ათავსებენ სასაგნე ფირზე გლიცერინში. ახურავენ მეორე ფირს ზედაპირზე გაცურებით (სინჯის თანაბრად განაწილების

მიზნით) და აფიქსირებენ ნიტროცელულოზური ადჰეზიური საშუალებით.

## მდგომარეობა

მტკერი არის რთული ნარევი, რომელიც შეიძლება მოიცავდეს სხვადასხვა ტიპის ნაწილაკებსა და ბოჭკოებს. კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით იგი ძლიერ ინფორმაციულია. თუ დადგენილი იქნება მტკერის ნაწილაკებში რომელიმე უნიკალური კომპონენტის არსებობა, მაშინ იგი შეიძლება გამოყენებული იქნას გარკვეულ ადგილთან კონტაქტის დადასტურების ძლიერ მტკიცებულებად.

მტკერის ნაწილაკების მიკროსკოპით შესწავლისათვის სინჯის აღების ხუთი ბაზური მეთოდი შეიძლება დასახელდეს [23, 24]:

- სინჯის ფუნჯით (ჯაგრისით) აღება: ეს პროცედურა გამოიყენება მიმოზნეული ან ზედაპირზე სუსტად მიმაგრებული ნაწილაკების შესაგროვებლად უპირატესობა ენიჭებათ სინთეზური ჯაგრისის ფუნჯებს. მათი საშუალებით შესაძლებელია თმისა და ტანსაცმლის მცირე ზომის ბეწვების შეგროვება. სინჯის შენახვას ახორციელებენ პერგამენტის პაკეტებში.
- სინჯის შეგროვება აფხეკით: სინჯის აღებას ახორციელებენ სამართებლის პირის ან ლანცეტის გამოყენებით. იგი გამოიყენება იმ შემთხვევაში როდესაც საანალიზო ნიმუში ზედაპირზე ჩაჭიდებულია და მარტივი ზემოქმედებით (მაგალითად ფუნჯით) არ შეიძლება მისი შეგროვება. სინჯის აღებისას დიდი სიფრთხილე უნდა იქნას გამოჩენილი, ვინაიდან ადვილი შესაძლებელია სინჯის დაზიანება.

- სინჯის აღება წებვადი ფირით: სინჯის აღებას აწარმოებენ სუფთა ცელოფნის ფირზე დატანილი ადჰეზიური მასალის საშუალებით. ეს მეთოდი ერთერთი ყველაზე პოპულარული და ხშირად გამოყენებადი მეთოდია. ცელოფნის ფირის გამოყენების წინ უნდა იქნას შემოწმებული ადჰეზიური ფენის ერთიანობა.
- სინჯის აღება მოწმენდით: მოწმენდით სინჯის აღებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა სახის ქსოვილი, ტამპონები და ფილტრის ქაღალდი. ბოლო დროს გამოყენებაში შევიდა პლასტიკური მასალის მოსაწმენდი საშუალებები[24]. მეტალური ბადეები გაჟღენთილი გამხსნელით ხშირად გამოიყენება, თუმცა უპირატესობა მშრალ მოსაწმენდ საშუალებებს ეძლევა.
- სინჯის აღება ვაკუუმით: სინჯის აღებისას ვაკუუმის გამოყენებით შესაძლებელია როგორც დიდი სპეცილიზირებული მოწყობილობის, ისე პორტატურული, მცირე ზომის დანადგარის გამოყენება, რომელშიც ჰაერის ნაკადის დინების სიჩქარე არის 1-15 ლ/წმ. მეთოდის ნაკლად შეიძლება ჩაითვალოს ის გარემოება, რომ შეუძლებელია 5 მიკრომეტრზე მცირე ნაწილაკების შეგროვება.

## მიკროობიექტების ზომები

---

წინსართი მიკრო (ბერძნულიდან micro) ძირითადად გამოიყენება მილიონობითი წილის ერთეულების აღსანიშნავად ( $1 \times 10^{-6}$ ).

თუმცა იგივე ტერმინს სხვა სიტყვებთან კავშირში ხშირად იყენებენ ძალიან პატარა ზომის საგნის ან მოვლენების ხაზგასასმელად. მიკრონაწილაკები და მიკროკვალები ეს ნიშნავს, რომ ჩვენ საქმე გვაქვს ძალიან მცირე რაოდენობის ნივთიერებებთან და ისეთი მცირე ზომის ნაწილაკებთან, რომლებიც მხედველობის ორგანოებისათვის სპეციალური შეიარაღების გარეშე უხილავნი არიან. დაკვირვებისათვის ხელსაყრელ პირობებში ადამიანის თვალს შეუძლია გაარჩიოს ნაწილაკები ერთ მგ-მდე (0.001გ). კრიმინალისტიკაში მიკრონაწილაკები ზედა ზღვარად მიღებულია სწორედ ეს ზომა. თუმცა აქვე უნდა აღინიშნოს ხშირად ასეთი დათქმა პირობითია და ვარირებს სიტუაციის მიხედვით.

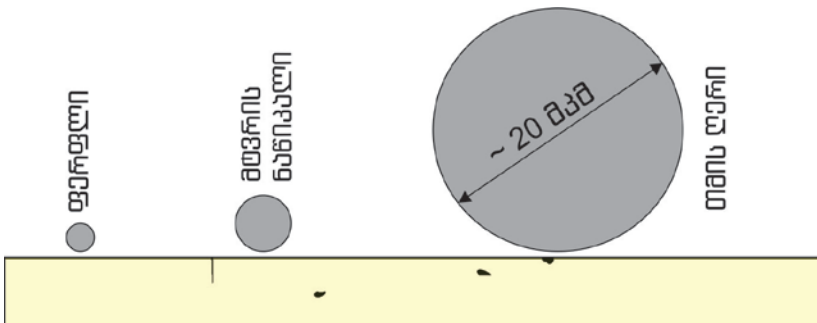
ზემოთ მოყვანილ მაგალითში ძირითად სამხილად გამოყენებული იქნა თმის ღერი. როგორც წესი თმის ღერი შეუიარაღებელი თვალით ადვილი აღმოსაჩენია და ამიტომ იგი ხშირად მიკრონაწილაკებს არ მიეკუთვნება. მაგრამ მოცემულ შემთხვევაში მისი პირდაპირი აღმოჩენა შეუძლებელი იყო. ამიტომ საჭირო გახდა მიკრონაწილაკებისათვის მიღებული მეთოდოლოგიისა და ტექნიკის (მიკროსკოპი) გამოყენება.

ქვედა ზღვარი, რომელზეც ჯერ კიდევ შეიძლება მიკრონაწილაკების აღმოჩენა მიკროსკოპის ან სხვა მეთოდების გამოყენებით ასევე პირობითია. ცნობილია, რომ ოპტიკური მიკროსკოპის

საშუალებით შესაძლებელია გაირჩეს ნივთიერება მასით ათი პიკოგრამი ( $1 \text{ პიკოგრამი} = 1 \times 10^{-12} \text{ გ}$ ). ხოლო უფრო მგძნობიარე მეთოდებისა და აპარატურის გამოყენებით შესაძლებელია ისეთი ნაწილაკების გამოყოფა და შემდგომი დაწვრილებითი ანალიზისათვის მომზადება, რომელთა მასა რამოდენიმე რიგით ნაკლებია ამ ზღვარზე (ნახ. 13).



ნახ. 13. კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით გამოყენებული მიკრონაწილაკები



ნახ. 14. მიკრონაწილაკების ფარდობითი ზომები

## საქმე № X002.

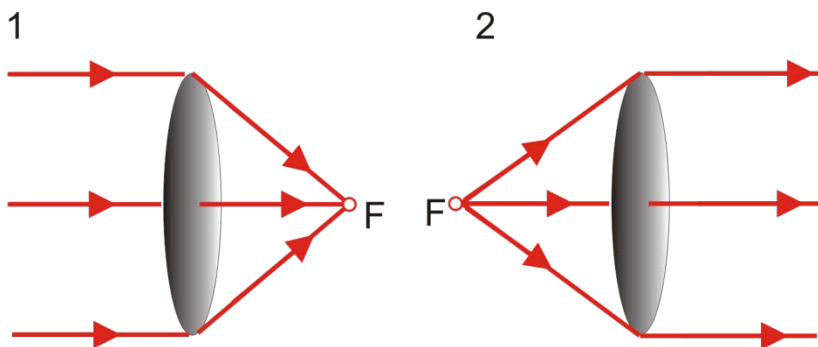
ტალახიან ეზოში აღმოჩენილი იქნა მხეცური მკვლელობის მსხვერპლი. კრიმინალისტების მიერ მსხვერპლის ტალახიანი ხელების დაბანისა და შეგროვებული გრუნტის ნაწილაკები გადაგზავნილი იქნა ექსპერტიზისათვის. ლაბორატორიაში შემოსული მასალა გაფილტრეს და მყარი ნაშთი შეაგროვეს. ფილტრის ქაღალდზე ნარჩენი გააშრეს და მიკროსკოპის საშუალებით საფუძვლიანად გამოიკვლიეს. მიკროსკოპის ქვეშ კრიმინალისტმა პინცეტისა და სკალპელის საშუალებით პირდაპირ სასაგნე მინაზე გადაარჩია ყველა ის მიკრონაწილაკები, რომელსაც შეიძლება კავშირი ჰქონებოდა დანაშაულთან. ამ ნაწილაკებში აღმოჩნდა რამოდენიმე თმის ღერიც... შემდგომში სწორედ მის საფუძველზე იქნა დანაშაული გახსნილი.

მიკროსკოპი იყო პირველი ინსტრუმენტი, რომელიც სასამართლო ექსპერტიზის მიერ იქნა გამოყენებული. მიკროსკოპი თავისი გამოყენების არცთუ ისე პატარა ხნის მანძილზე დაიხვეწა და გახდა ერთ-ერთი ეფექტური საშუალება სასამართლო მტკიცებულებებისათვის. უმარტივესი საგნების მიკროსკოპით დაკვირვება უამრავ მნიშვნელოვან დეტალს ამჟღავნებს, რომელიც აუცილებელია მოკვლევის ჩატარებისათვის.

განვიხილოთ უმარტივესი მიკროსკოპის მოქმედების პრინციპი.

გამადიდებელი ანუ ამოზრცული ლინზა იძლევა ორი ტიპის გამოსახულებას: რეალურს და წარმოსახვითს.

რეალური გამოსახულება შეიძლება დაპროექტირდეს რაიმე ეკრანზე, ხოლო წარმოსახვითი გამოსახულება მიიღება მხოლოდ ჩვენს ცნობიერებაში, რომელიც იღებს გამოსახულებას არა ოპტიკური სხივებით შექმნილს, არამედ მათი გაგრძელებით. ამოზრცული ლინზის უმნიშვნელოვანესი პარამეტრი არის ფოკუსური მანძილი. ფოკუსი ეწოდება იმ წერტილს, რომელშიც გადაიკვეთებიან ლინზაზე დაცემული პარალელური სხივების ლინზაში გარდატეხის შემდეგ (ნახ. 15-1). ხოლო თუ სინათლის წყაროს მოვათავსებთ ფოკუსში, მაშინ ლინზაზე დაცემული სხივები ლინზაში გარდატეხის შემდეგ პარალელურ სხივთა კონად გარდაიქმნება.

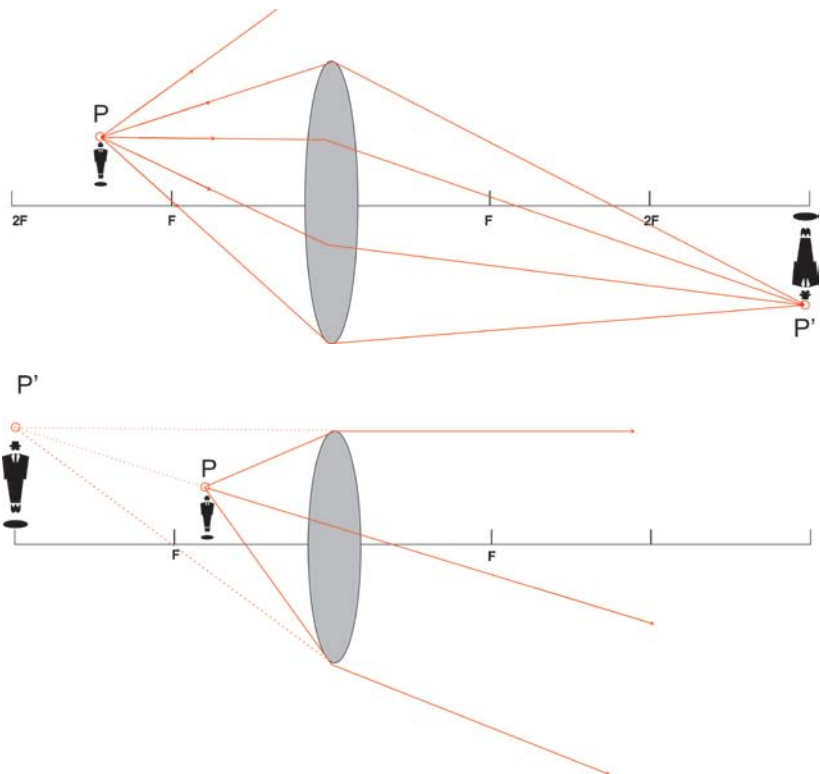


ნახ. 15. სხივის გზა ამოზურცული ლინზის გავლით.

1 - სხივის პარალელური კონა ლინზის გავლის შემდეგ იკრიბება ფოკუსში (F).

2- ფოკუსიდან გამოსული სხივის კონა ლინზაში გავლის შემდეგ გარდაიქმნება პარალელური სხივების კონად

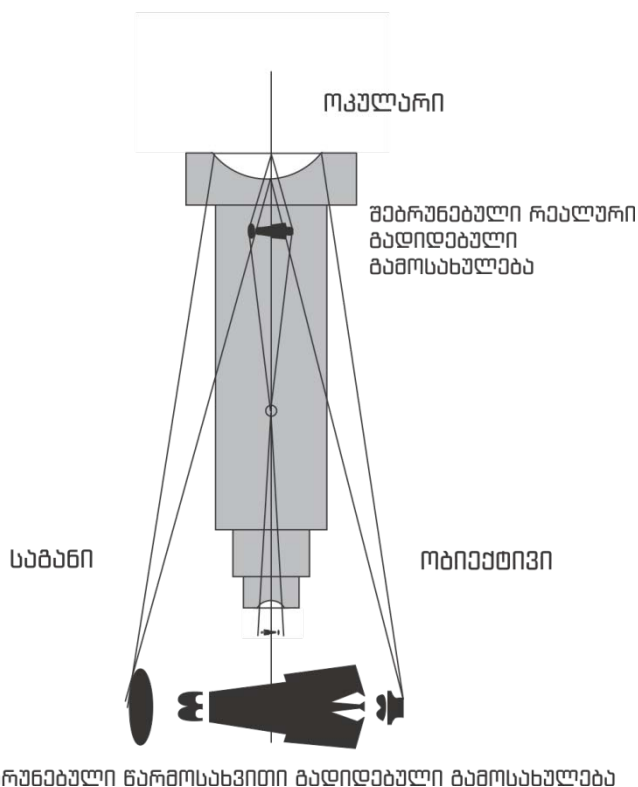
თუ ამოზურცული ლინზის ერთ-ერთ მხარეს საგანს მოვათავსებთ ფოკუსსა და ფოკუსის გაორმაგებულ მანძილს შორის, ლინზის მეორე მხარეს მიიღება შებრუნებული, ორჯერ გადიდებული გამოსახულება (ნახ. 16ა), ხოლო თუ საგანს მოვათავსებთ ფოკუსსა და ლინზას შორის იმავე მხარეს მიიღება პირდაპირი წარმოსახვითი გადიდებული გამოსახულება (ნახ. 16ბ). ეს მოვლენა უდევს საფუძვლად უმარტივეს გამადიდებელ მოწყობილობას – ლუპას. ლუპის გადიდება მით უფრო დიდია, რაც უფრო პატარაა ფოკუსური მანძილი, ანუ რაც უფრო დიდია მისი სიმრუდე. თეორიულად ლუპის საშუალებით შეიძლება მივაღწიოთ ნებისმიერ გადიდებას, მაგრამ პრაქტიკაში თავს იჩენს მთელი რიგი პრობლემები. უპირველეს ყოვლისა ტექნოლოგიურად ძნელია ისეთი დიდი სიმრუდის ლინზის დამზადება, რომლის გარჩევადობა იქნება მაღალი. ხოლო მანძილი თვალსა და ლინზას შორის პრაქტიკულად შემცირებას არ ექვემდებარება.



ნახ. 16 ამოზურცული ლინზის გამოყენების ორი მაგალითი.  
 ზედა სურათი -  $P'$  წერტილი შეესაბამება რეალურ ორჯერ გადიდებულ  
 შებრუნებულ გამოსახულებას;  
 ქვედა სურათი -  $P'$  წერტილი შეესაბამება წარმოსახვით ორჯერ  
 გადიდებულ პირდაპირ გამოსახულებას;

ამ პრობლემის გადაჭრას საფუძვლად დაედო ერთი მარტივი იდეა, რომლის ავტორიც იყო ლევენგუკი. ეს იდეა მოცემულია ნახ. 17-ზე. დიდი გადიდების მისაღებად უნდა გამოვიყენოთ ერთდროულად ორი ლინზა. ერთი მათგანი – ობიექტივი – იძლევა რეალურ უკუ გადიდებულ გამოსახულებას, ხოლო მეორე – ოკულარი –

გამოიყენება, როგორც ლუპა. როდესაც სურათს ვაკვირდებით ოკულარიდან, რომელიც მოთავსებულია ობიექტივის ქვემოთ, ჩვენ ვხედავთ გადიდებულ, წარმოსახვით გამოსახულებას. ამგვარად გადიდებული გამოსახულება მიიღება ორ საფეხურად და მიკროსკოპში მიიღება შებრუნებული გადიდებული გამოსახულება. თანამედროვე ოპტიკური მიკროსკოპი აღარ არის მარტო მოწყობილობა, რომელიც შედგება ერთი ობიექტივისა და ერთი ოკულარისაგან.



ნახ. 17. მიკროსკოპის მუშაობის პრინციპული სქემა

თანამედროვე მიკროსკოპი უკვე რთული სისტემაა, რომელშიც შერწყმულია მეცნიერებისა და ტექნიკის (ოპტიკის ელექტრონიკის და ა.შ.) თანამედროვე მიღწევები (ნახ. 18).



**ნახ. 18. თანამედროვე მიკროსკოპი**

მიკროსკოპის ერთ-ერთი მახასიათებელი სიდიდე არის გადიდების ხარისხი. მეორე მნიშვნელოვანი პარამეტრი კი არის გარჩევადობის შესაძლებლობა, რომელიც გვიჩვენებს, თუ რა მინიმალურ დისტანციაზე იმყოფება ორი წერტილი ისე, რომ თვალმა შეძლოს ორივე წერტილის დამოუკიდებლად აღქმა. თუ ორ წერტილს შორის მან-

მილი ტოლია მიკროსკოპის გარჩევადობის ზღვრის, მაშინ ამ მიკროსკოპის საშუალებით, უკვე შეუძლებელია შემდგომი გადიდება.

თეორიულად ოპტიკურ მიკროსკოპს შეუძლია გაარჩიოს ობიექტი, თუ მათ შორის მანძილი არის განათებისათვის გამოყენებული ტალღის სიგრძის ნახევარი. ხილულ უბანში (დღის განათება) ყველაზე მოკლე ტალღის სიგრძე არის 400 ნმ. ამიტომ შეიძლება გავარჩიოთ 200 ნმ-ზე (0.2 მკმ) დაცილებული ობიექტები. მაგრამ პრაქტიკაში მიკროსკოპის განათებისათვის ძირითადად გამოიყენება თეთრი სინათლე, რომლის ტალღის სიგრძე შედარებით მეტია. გარდა ამისა, ისეთი ფაქტორების გავლენით, როგორიცაა ლინზების საწარმოო დეფექტები, როგორც წესი, მიკროსკოპების გარჩევადობა არ აღემატება 1 მკმ-ს. როგორც ცნობილია, ერთმანეთის მიმართ 0.8-1 მმ განლაგებული საგნების გარჩევა ადამიანის თვალს შეუძლია შეიარაღების გარეშე. ამიტომ კრიმინალისტიკაში მიკროსკოპების მიერ წარმოებული 800-1000 გადიდება სავსებით მისაღებია.

გარდა მიკროსკოპისა, კრიმინალისტიკაში ხშირად გამოიყენება მეორე ოპტიკური მოწყობილობა, რომელსაც ეწოდება სტერეოსკოპული მიკროსკოპი. როგორც მისი დასახელებიდან ჩანს იგი ჩვეულებრივი მიკროსკოპისაგან განსხვავებით ობიექტის სამ-განზომილებიან სურათს იძლევა. სტერეოსკოპული მიკროსკოპი პრაქტიკულად წარმოადგენს დუბლირებულ მიკროსკოპს, რომელშიც მიმართული სხივის კონებს შორის კუთხე არის  $14^\circ$ . მისი მაქსიმალური გადიდება არ აღემატება 50-ს, რაც სავსებით მისაღებია კრიმინალისტიკური ანალიზის ჩატარებისათვის. მიუხედავად მიკროსკოპთან შედარებით დაბალი გადიდების შესაძლებლობისა, სტერეოსკოპული მიკროსკოპის საშუალებით შეიძლება ობიექტები დაკვირვებული იქნას მისი რეალური გარეგანი ფორმების შენარჩუნებით. გარდა ამისა, მიკროსკოპისაგან განსხვავებით,

მასში შესაძლებელია განათების წყაროს პოზიციის ვარირება, რაც თავის მხრივ საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ობიექტის შუქრდილები, რომელიც შეიძლება ასევე მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მატარებელი იყოს.



ნახ. 19. სტერეოსკოპული მიკროსკოპები

## საინტერესო ლიტერატურა კრიმინალისტიკაში

---

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

### წყაროები 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. Murray RC. Soil in Trace Evidence Analysis. Proceedings of the International Symposium on the Forensic Aspects of Trace Evidence 1991: 75-78.
2. Murray RC. The Geologist as Private Eye. Natural History Magazine 1975, February.
3. Mcphee J. Annals of Crime. The New Yorker 1996 January; 29: 44-69.
4. Murray RC. Devil in the Details, The Science of Forensic Geology. Geotimes, 2000 February; 14-17.
5. Munroe R. (Winnipeg Police Service, Manitoba, Canada) Private information, 2001.
6. Munroe R. (Winnipeg Police Service, Manitoba, Canada) Private information, 2001.
7. Mazurek A. Badania Mineralogiczne Sladow Kryminalistycznych. Warszawa: Wydawnictwo Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego KGP, 2000.
8. Munroe R. Forensic Geology. RCMP Gazette 1995; 57(3): 10-17.
9. Junger EP. Assessing the Unique Characteristics of Close-Proximity Soil Samples: Just How Useful Is Soil Evidence?. Journal of Forensic Sciences 1996; 41(1): 27-34.
10. Marumo Y, Sugita R. Validity of Color Examination for Forensic Soil Identification. Forensic Science International 1996; 83: 201-210.

- 
11. Marumo Y, Sugita R. Screening of Soil Evidence by a Combination of Simple Techniques: Validity of Particle Size Distribution. *Forensic Science International* 2001.
  12. Petraco N, Kubic T. A Density Gradient Technique for Use in Forensic Soil Analysis. *Journal of Forensic Sciences* 2000; 45(4): 872-873.
  13. Murray RC, Tedrow JCF. *Forensic Geology*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.
  14. Ishiwatari A. An Easy Identification Chart for Major Rock-Forming Minerals by Polarizing Microscope. *Journal of Geological Society of Japan* 1999; 105(2): 156-158.
  15. McVicar MJ, Graves WJ. The Forensic Comparison of Soils by Automated Scanning Electron Microscopy. *Canadian Society of Forensic Science Journal* 1997; 30(4): 241-261.
  16. McAlister JJ, Smith BJ. A Rapid Preparation Technique for X-Ray Diffraction Analysis of Clay Minerals in Weathered Rock Materials. *Microchemical Journal*. 1995; 52: 53-61.
  17. Cox RJ, Peterson HL, Young J, Cusik C, Espinoza EO. The Forensic Analysis of Soil Organic by FTIR. *Forensic Science International* 2000, 108; 107-116.
  18. Omelyanyuk GG, Alekseev AA, Somova NG. The Possibility of Application of the Multisubstrate Testing Method in Soil Criminalistic Investigation. *Proceedings of the International Association of Forensic Science* 1999; 15th: P12.
  19. Thornton JI, Crim D, McLaren AD. Enzymatic Characterization of Soil. Evidence. *Journal of Forensic Sciences* 1975; 20(4): 674-692.
  20. Eyring MB. Soil Pollen Analysis from a Forensic Point of View. *Microscope*, 1996; 44(2): 81-97.

- 
21. Horrocks M, Coulson SA, Walsh KAJ. Forensic Palynology: Variation in the Pollen Content of Soil Surface Samples. *Journal of Forensic Sciences* 1998; 43(2): 320-323.
  22. Horrocks M, Coulson SA, Walsh KAJ. Forensic Palynology: Variation in the Pollen Content of Soil on Shoes and in Shoeprints in Soil. *Journal of Forensic Sciences* 1999; 44(1): 119-122.
  23. Millette JR, Few P. Sample Collection Procedures for Microscopical Examination of Particulate Surface Contaminants. *Microscope* 2001; 49(1): 21- 27.
  24. Hopen TM. Dust Collection Method. *Microscope* 2000; 48(4): 213.