

პ. ხაჩაპურიანი

ქრისტეაღმგზავნი

ნაწილი I

(დეჰეიბეი გომეზიანი ქრისტიანობის შესახებ)

პ. ი. დანილის სახ. საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტი
თბილისი-1975 წ.

წინასიტყვაობა

წინამდებარე დამსმარე სახელმძღვანელოს შედგენას საფუძვლად დაედო ავტორის მიერ საქართველოს პოლიტიკური ინსტიტუტში მრავალი წლის განმავლობაში გეომეტრიულ კრისტალოგრაფიაში წაკითხული ლექციები. წიგნი წარმოადგენს კრისტალოგრაფიის კურსის პირველ ნაწილს და გათვალისწინებულია გეოლოგიური სპეციალების სტუდენტებისათვის. იგი გამოადგება აგრეთვე სამთო, ჰერალდურ-გიულდო, ქიმიურ-ტექნოლოგიური და საინჟინრო ფიზიკის ფაკულტეტების სხვადასხვა სპეციალების სტუდენტებსაც, რომლებსაც ეკითხებათ კრისტალოგრაფიის კურსი.

წიგნი მასალა სხვა სახელმძღვანელოებთან შედარებით რამდენადმე განსხვავებულია დალაგებული. აქ ავტორმა პირველმა ხედავს მინერალოგიური კრისტალოგრაფიის საფუძვლების ცალკე თავად გამოყოფა. მასში განხილული საკითხების უმეტესად გაგრძელება იქნება სტრუქტურული კრისტალოგრაფია, რომლის შედგენა, არსებული პრეცედენტების შესაბამისად, ავტორს გათვალისწინებული აქვს ახლო მომავალში.

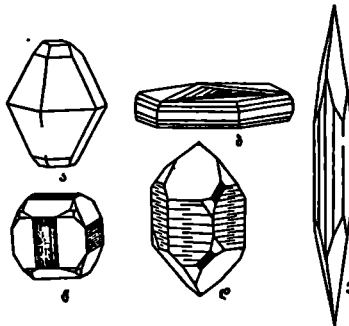
საქმიანი შენიშვნები, მიმართული დამსმარე სახელმძღვანელოს სრულყოფისკენ, ავტორის მიერ სიამოვნებით იქნება მიღებული.

შესავალი

კრისტალოგრაფია არის მეცნიერება კრისტალების შესახებ. იგი სწავლობს კრისტალებს მატერიალობაში მყოფი ნივთიერების ლეიტებებს.

სიფყვა კრისტალოგრაფია შედგება ორი ბუნებრივი სიფყვისაგან — „კრისტალოს“ და „ტრაფო“. ჰომეროსის დროს სიფყვა „კრისტალოს“ ნიშნავდა გინჯის, შუა საუკუნეებში კი მისი ბროსს (გინჯიდან გაჩეხული მსგავსების გამო), ხოლო XVII საუკუნიდან უკვე ამ სიფყვის მნიშვნელობა გაურყვია ყველა სხეულზე, რომელსაც მრავალწახნაგის ფორმა ჰქონდა. „ტრაფო“ ნიშნავს წერას. ამრიგად, სიფყვა კრისტალოგრაფია კრისტალთა აღწერას ნიშნავს.

ცნობილია სხვადასხვა ნივთიერების კრისტალები, რომლებიც წარმოიშობიან ბუნებრივად (ღევაძიძის ქერქის პირობებში) ან ხელოვნურად (ლაბორატორიებში). ყოველი კრისტალი წარმოადგენს ერთგვაროვან მყარ სხეულს, რომელსაც აქვს მრავალწახნაგის ფორმა. იგი შემოფარებულია ბრწყინვალე ნახნაგებში, რომლებიც ურთიერთკვლევიან ნივთების გასწვრივ, ხოლო წიბოები კი იკვებება კრისტალის მკვრივებში.

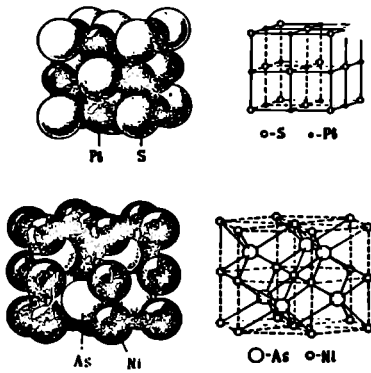


ნახ. I.- ტიტანის (ა), ტრაფის (ბ), პირიტის (გ),
კვარცის (დ) და ანტიმონიტის (ე)
კრისტალები

ნახ. I-ზე გამოსახულია პირიტის (FeS_2), ტრაფის (C), ტიტანის (S), კვარცის (SiO_2) და ანტიმონიტის (Sb_2S_3) კრისტალები. ცხადია, რომ

ასეთი წესიერი მრავალბუნადების ნაწინიშობა გამოკვეთილია, ერთის მხრივ, შე-
საბამისი გარემოს ხელიშეწყობ პირობებზე და მეორეს მხრივ, - ნივთიერე-
ბის შემატებული ნაწილაკების სივრცეში განლაგების უნარიანობაზე, რაც გან-
საზღვრავს მის ე.წ. კრისტალურ მდგომარეობას. მაგრამ კრისტალები რომ გაუ-
მსხვრიოთ და მივიღოთ მათი უსწორმასწორო ნაშენებლები, უნდა ვიკვირებოდით,
რომ ამ მარცვლების ნივთიერება იქნება იმავე კრისტალურ მდგომარეობაში,
ე.ი. ნივთიერება შეიძლება კრისტალურ მდგომარეობაში იყოს და მას კრისტა-
ლის ფორმა არ ჰქონდეს.

ამჟამად რეგულარის სხივების გამოყენებითა დატენილია, რომ ნივთიერე-
ბა კრისტალურ მდგომარეობაშია, როდესაც მისი შემატებული ნაწილაკები (აგო-
მები, იონები ან მოლეკულები) განლაგებული არიან სივრცეში კანონმომიერად
და მეორეობიან გარკვეული მესრის ფიპის სახით (ნახ.2).



ნახ.2. გალენიტის (PbS) და ნიკელიტის ($NiAs$) კრისტალური სტრუქტურები, გამო-
სახული მათი შემატებული იონების შემა-
ბამისი ბიზის ბირვების წყობით (მარჯვნივ)
ან ამ ბირვების მხოლოდ ცენტრის ატომის
აღნიშვნით (მარჯვნივ)

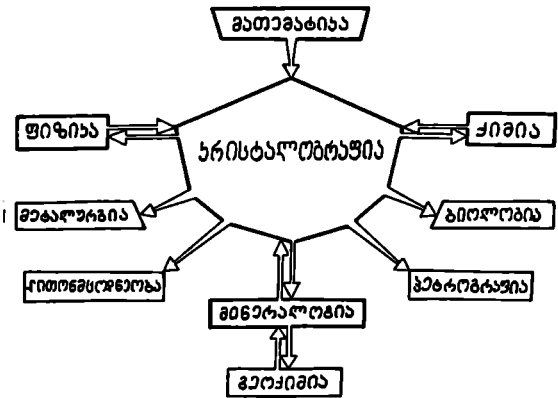
ეს ნაწილაკები სივრცეში უშესრიგოდ არიან განლაგებული, მაშინ ნივთიერე-
ბა მყარ, მაგრამ ამორფული მდგომარეობაშია (მინა, ლუვი და სხვ.). დეპამი-
წის ქარების შემატებლობაში ნივთიერების 95 % კრისტალურ მდგომარეობაშია
და პაახლოებით 5 % ამორფულია. ნივთიერების ამორფული მდგომარეობა არამდგა-
რია (შეფასებაში იჭრია) და ამიტომ იგი ყოველთვის უფრო მდგრად — კრისტალურ
მდგომარეობაში გადასვლას ისწრაფვის.

მუნიციპალიტეტის, მუნიციპალიტეტის უფროსი მუნიციპალიტეტის მუნიციპალიტეტის და მათ მონაწილე რიგში მიწვევა მოქმედებს საკმაოდ დასუსტებული მდგომარეობაში მყოფ სხვადასხვა და ამიტომ კონსტრუქციული მასალა გრძელდება მიწვევა-სა მამულის შესწავლისთან ერთად. დაახლოებით 300 წლის მანძილზე კონსტრუქციული უზარმაზარად რთულად დროებითი ფორმის მუნიციპალიტეტის, უნიონისა და ფორმის მიწვევების გამოყენებით.

სადასრულებელი კონსტრუქციის მიწვევებში ფართო გასაქმნი მისეა გუნდის განვიხარებას. კონსტრუქციის უკუღების მიხედვით გამოყენებით უზარმაზარად ისევე დასრულები, რთულიაა სადასრულებელი მიწვევა, მიწვევა ფორმის, უნიონური გუნდის, მიწვევითი უნიონისა და სხვა. სადასრულებელი მუხარცა-ნის ფორმის (უმჯობესა რა კონსტრუქციის დასრულებების მკაცრ-და მიწვევა-სიბუქების შესახებ) განვიხარება ახალი მიწვევების სიბუქებისა და აწი-სიბუქების არსებობის შესახებ, გასაფართოება მუხარცა-ნის სტრუქტურის შესწავლის დიფერენციული მიწვევები (უნიონური-სადასრულება და უნიონური-სადასრულება), მიწვევა-სადასრულება რეზონანსის უკუღების მიხედვით, გასაფართოება უნიონური-სადასრულება და სხვა.

კონსტრუქციის დასრულების სურსათ-სადასრულება შესანიშნავ ფორ-სებებს, რომლებსაც ფართოდ იყენებენ სადასრულებელი უნიონური-სადასრულება (მაგნიტის და რადიო-სადასრულება), გუნდის რადიო-სადასრულება, უნიონური-სადასრულება მანქანებში და ხელსაწყოების მიწვევებით. განვიხარება აქსონის-სადასრულება კონსტრუქციის მიწვევებით მიწვევებით უნიონური-სადასრულების სტრუქტურების შესწავლის საკმაოდ. ამგვარად, სადასრულებელი კონსტრუქციის უკუღების საკმაოდ დასრულებული არა მარტო მიწვევა, არამედ მიწვევები და მათი შესწავ-ლები, უნიონური-სადასრულება და უნიონური-სადასრულების რთული ნიშნები-სადასრულება.

პოლიმერის კონსტრუქციის დასრულებების საკმაოდ მიწვევა-სადასრულება მიწვევა-სადასრულება (ნახ.3):



ნახ.3. კონსტრუქციის დასრულების დასრულების საკმაოდ მიწვევა-სადასრულება (ნახ.3):

კრისტალოგრაფიის უძირისა და ფიზიკის გარდა ფარგლებში კავშირი აქვს ცუ-
ლოგია-მინერალოგიის მეცნიერებასთან. ყოველი ყალკაული კრისტალი და მისი
ინდივიდუალური სამახასიათებელი მორფოლოგიური საეპიტაქსიუმებიანი ცულოგ-მინე-
რალოგიის სამეცნიერო კვლევის საფუძვან წარმოადგენს; რეალური კრისტალები
სტრუქტურების გეგმურების შესწავლა მათი წარმოშობის პირობების გამოვლენის
სამუშაოს იძლევა.

მეცნიერული კრისტალოგრაფიის დაბადების წელს ივლება 1669 წ., როდესაც
გამოკვეთდა გამოჩენილი დანიელი მეცნიერ-მეცნიერების ნიკოლაუს სტრომის (ნორს
სტრენდის) შრომა, რომელიც აღნიშნის სახით ზამთრადიამეტრი იყო ავტორის
მუხარებლები პალეონტოლოგიის, ცულოგიის, მინერალოგიისა და კრისტალოგრაფიის
საკუთხებზე. ტანსაცმლებით სანიჭრელთა მისი შრომის (*Silva*) და ქვიშა-
გის (*Fe₂O₃*) კრისტალების გეოლოგიური აღწერა, რის შედეგადაც ავტორი
აპყენს კუხელების მუცხიუმის კანონს; ეს კანონი საფუძვლად გაუდო ცუმიტ-
როული კრისტალოგრაფიის შემდგომ განვითარებას.

შემდგომ მნიშვნელოვანი უფაში კრისტალოგრაფიის განვითარებისა დაკავ-
შირებულია ფრანგი კრისტალოგრაფ-მინერალოგი რენე ჟიუსტ შაუსის . გამოკვე-
ტებთან. 1784 წელს მან დააყენა კრისტალოგრაფიის ერთ-ერთი ძირითადი კანონ-
ნი, ცნობილი "პარამეტრების რაციონალური შეფარების" კანონის სახელით. ამ
კანონის სამუშაოებზე შესაძლებელი გახდა კრისტალების წახნალებისა და შემდგომ-
ში წიშლების განლაგების განსაზღვრა სივრცეში;

1867 წელს რუსმა აკადემიკოსმა ა. ტაპოლინმა გამოაქვეყნა შრომა სიმე-
ტრიის კრისტალოგრაფიის შესაძლებელი 32 სახის ირიტირალური და მარტივი ხერხით გა-
მყოფების შესახებ. ეს კვლევა საფუძვლად გაუდო ჯეროვილი კრისტალოგრაფიის
შემდგომ განვითარებას, ხოლო ა. ტაპოლინს მეცნიერება იმპერატორის სახელობის პრე-
მია. 1857 წელს ინგლისელმა მეცნიერ-მეცნიერებმა გ. კ. სორბიმ ააგო პირამიდა-
ყოლი ბიკროსკოპი, რომელიც განაზღვრავს კრისტალოგრაფიის (და მინერალოგია) იმპროვირ-
ების შესაძლებლობას.

XIX საუკუნის მეორე ნახევარში კრისტალოგრაფია ვითარდება კრისტალო-
გრაფიისა და მეცნიერების შესწავლის მიმართებით. 1855 წელს ფრანტმა კრისტა-
ლოგრაფმა იგიუსტ შრადემ აგომა ტანსაცმების გამოცხადების განმარტების
შესახებ 14 სახის ურთიერთდაკავშირებული პარამეტრი. 1890 წელს რუსმა კრისტა-
ლოგრაფმა ე. ჯოლორემა გამოიყვანა სიმეტრიის 230 სივრცობრივი ჯგუფი, ე.ი. კრისტალო-
გრაფიის ნივთიერების სივრცობრივი შესწავლა-მეცნიერული მუშაობების (ავტო-
მების ან იმების) 230 სახის ტანსაცმების შესაძლებლობა; ამ გამოკვლევებით
ე. ჯოლორემა საფუძვლიანი ჩაუყარა სტრუქტურული კრისტალოგრაფიის განვითარე-
ბას.

1912 წელს გერმანელმა ფიზიკოსმა მ. ლაუემ კრისტალოგრაფიის სხივ-
ების გამოყენების შედეგად აღმოაჩინა პიკტაქსიული მოვლენები. ამ შესაძლებლობა-
თი აღმოჩენის შემდეგ ფარგლები ვითარდება კრისტალოგრაფიის რენტგენოგრაფია, რამაც
მკაიყვე საფუძვლიანი ჩაუყარა კრისტალოგრაფიას. ამ უფაზე პირველი რიგში უნდა
აღინიშნოს რუსი კრისტალოგრაფი გ. ვულოვი და ინგლისელი მეცნიერ-მეცნიერები
ე. პა ე. ბრეტონი;

მიღებული რიგი მასალის ჯეროვილი გამოვლენებით კრისტალოგრაფიის ნივთიერე-
ბის შესწავლა ახალი საფუძვლები აიყვანა; კრისტალოგრაფიის ნივთიერების უძირი
შე-

დენდრომასა და ფიზიკურ ზეინსებებს შორის კავშირის დადგენაში როცა დენდრო-
მიუძღვეთ საბჭოთა კრისტალოგრაფებს. ა. მუზნიკოვის მიერ კლასიკის და ჯე-
დონის გამოყვანა საბჭოთა კრისტალოგრაფიული სკოლის როცა მიღწევას წარმოადგენს.
მისმა ახალმა იდეებმა შესაძლებელი გახადა კრისტალოგრაფიული სტრუქტურების
შესწავლა. ი. შაფარნიკსკიძე მარტვილი ფორმების სტრუქტურულ-კრისტალოგრაფიული
სახესწავლების დადგენაში მნიშვნელოვან განაღვიმარა მინერალოგრაფიული
მორფოლოგიური შესწავლა.

საბჭოთა კრისტალოგრაფების მიღწევებმა საფრეულია აგონარება ქაივა 1966 წ.;
მისკოვში ჩატარებული მსოფლიო კრისტალოგრაფია VII კონგრესტზე; სადაც კრისტა-
ლოგრაფია საერაშორისო კავშირის პრეზიდენტად არჩეული იქნა აკადემიკოსი
ნ. ბელოვი, რომელიც სხვადასხვა კრისტალოგრაფიული ნიშნობებისა სტრუქტურების შესწავ-
ლისათვის 1973 წ.; დაჯილდოებული იყო ლენინის სახელობის პრემიით.

კრისტალოგრაფიის კურსი იყო. დამატებითი, სტრუქტურული, ქიმიური
და ფიზიკური კრისტალოგრაფიულია:

— დამატებითი კრისტალოგრაფია კურსის ძირითადი ნაწილია; იგი იხილავს
კრისტალოგრაფიული ფორმების, განსაკუთრებით მრავალფეროვნების დამატებითი ზეინსებებს
და მათი სიმეტრიის კანონზომიერებებს;

სტრუქტურული კრისტალოგრაფია კრისტალოგრაფიულია მინერალოგრაფიულია, ე. ი. დას-
რეული კრისტალოგრაფიული ფორმების სიმეტრიის და მათი კვლევის მეშვეობით შესწავლის.
ქიმიური კრისტალოგრაფია ბოლო წლების მიღწევების შედეგად გამოყოფილია
განსაკუთრებით ჩამოყალიბდა; იგი. შესწავლის კრისტალოგრაფიული შედეგ-
ნიშნობასა და სტრუქტურას, იხილავს მინერალოგრაფიულსა და ციხეზომიერების მნიშვნე-
ლოვან საკითხებს (პოლიმორფიზმის და იზომორფიზმის შესახებ);

ფიზიკური კრისტალოგრაფია შესწავლის კრისტალოგრაფიულია ფიზიკური ზეინსებების; სიმეტ-
რიის, პირობულია და მიუღწევად, რეგულარული, მანტიკური ან სხვა უნიკალური
მიუღწევად ზეინსებებს, რომელიც უნიკალის გარდაქმნის; ან უნიკალური მანტიკური
გამოყალიბების; და სხვადასხვა სიმეტრიის კრისტალოგრაფიული რეგულარული ფორმისა
კრისტალოგრაფიულია გამოყოფილების საშუალებას იძლევა. კრისტალოგრაფიულია სხვადასხვა ფიზი-
კური ზეინსებების შორის რეგულარული ზეინსებების საეინსებების კრისტალოგრაფიულია
გამოყალიბების საშუალებას იძლევა. ამიერი კრისტალოგრაფიულია ზეინსებების შესწავლის
კრისტალოგრაფიულია რეგულარულია და მანტიკური.

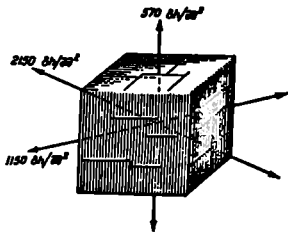
§ 1. კონსტანტა ლაზარიათაშვილი თვისსაპი

კონსტანტა ლეილები მათ ქიმიურ შედგენილობაზეა გამოკიდებული. ყველა კონსტანტა ახასიათებს: ურთქარვენა, ანიმოტროპიულობა, მიმნიმალური მიმნიმალნი ენერჯია და სიმეტრიულობა.

ქ რ ე ტ ვ ა რ ე ვ ა ნ ი კონსტანტის ყველი ნაწილი ურთქარნი ლეილები ხასიათება, ე.ი. მის ნეზისმიურ ნაწილი ურთქარია ქიმიური შედგენილობა, ზეპრინი ნაწილი, ლობის ჭეპქარვენა და სხვ. კონსტანტა ურთქარვენა და ანიმოტროპიულობა მათ მიმნიმალნი აქნაქობის მესრული ხასიათება.

ნივთიურება შეიძლება იყოს ი ბ რ ტ რ ე პ ი ე უ რ ი ა ნ ა ნ ი ბ რ - ტ რ ე პ ი ე უ რ ი სხვადასხვა ფიზიქური ლეილებების მიმნიმალნი. იმტროპიულობა ნივთიურება, რომელიც ყველა ლეილება ურთქარია ყველა მიმნიმალნი. ასეება მყარი ამორტული სხვულები, სიხეები და გაბები, ე.ი. ისეთი სხვულები, რომელიც შემაქვენი ნაწილაქები (აქობები, ირები ან მოქველები) უწარნიქი არნიმ დაწლაქებული. კონსტანტის მესრის მქონე სხვულები ქი ანიმტროპიულობა არნიმ. მათ აუქილები ახასიათება ბოქიურთი ლეილების ყვალებამება არაპარალელური მიმნიმალნი. მაშასამაზე, ანიმტროპიულობა სხვული არის ისეთი ურთქარვენა სხვული (კონსტანტი), რომელიც გაქველი ფიზიქური ლეილები სხვადასხვა მიმნიმალნი იყება. ეს იმტროპიულობა სხვულები სინაქის სხივის გაქველების სიქქარე ყველა მიმნიმალნი ურთქარია, რქიქარა ანიმტროპიულობა სხვული ეს სიქქარე არაპარალელური მიმნიმალნი სხვადასხვა იქება. მაქრამ, ეს რომელიც ნივთიურების კონსტანტი სინაქის სხივის გაქველების სიქქარე ყველა მიმნიმალნი მანიყ ურთქარია, ანიმტრ, რომ ეს კონსტანტი რქიქარა იმტროპიულობა, მაქრამ მას ამავე რრს აუქილები ექება მიმნიმალნი მიხევეთ ყვალები რანიყ სხვა ლეილება.

მაქიქისაქის აქიქიქ ქვამარილის (NaCl) კუბის ფრმის კონსტანტი, რომელიც ლეიქა იმტროპიულობა იმტროპიულობა, მაქრამ ამაქვენს გაბქარის ნიმნიმალნიქობის ძარის ყვალებამება სანი სხვადასხვა მიმნიმალნი (ნახ.1.1).



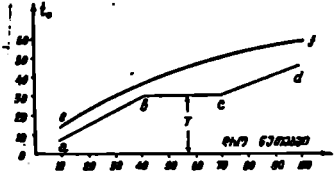
ნახ.1.1. ქვამარილის კონსტანტი (კუბის ფრმის) გაბქარის ნიმნიმალნიქობის ძარის ყვალებამება სანი სხვადასხვა მიმნიმალნი

ეს ამ კრისტალიდან გამოიყვანოს I მძ² კუთხის მუხრე სამ ძველ კუბის ნახნა-
 დების მიმართულებით ნარჩენულად (I-I), კუბის ნახნაგის დიკოტონის მიმართუ-
 ლებით (II-II) და კუბის დიკოტონის მიმართულებით (III-III), პაუნიანხაზე,
 რომ ამ ძველებში განხილვის წინააღმდეგობის ძალა ანალოგიურად იზრდება 370 გ/მძ²-დან
 2150 გ/მძ²-მდე.

კრისტალის მ ი ნ ე მ ა ლ უ რ ი მ ი ნ ა გ ა ნ ი ე ნ ე რ გ ი ნ ს
 დასაბუთებ მრეწარმაცხე შემდეგ ცხას: ავიღოთ რაიმე ნივთიერების კრისტალი
 და პაუნიანხა მისი განხილვა. შევნიშნავთ, რომ ფრეზერატურა გაიზარდა
 კრისტალის გაღობამდე. გაღობის მიზნის დასაწყისიდან ფრეზერატურის მრე-
 შეზრდება, სანამ მთელი კრისტალი არ გაღებულა. ეს მოვლენა აიხსნება იმით,
 რომ ნივთიერება მყარი (კრისტალური) მდგომარეობიდან ხვედრები გასაღების გზის
 მანძილზე სითბოს.

შინაობა რომ მოვიკვლო, ე.ი. პაუნიანხა გაღობილი ნივთიერების გაყი-
 ვდა, პაუნიანხაზე, რომ სითბოს ფრეზერატურის დაკლებას ადგილი უწევდა ნივთიერე-
 ბის ხვედარი მდგომარეობიდან მყარ მდგომარეობაში გასაღების დაწყებამდე, ე.ი.
 კრისტალიზაციის დაწყებამდე, შემდეგ კი, სანამ არ დაიწყებდა ნივთიერების
 მთლიანად დაკრისტალდება. ფრეზერატურა უფრო იქნება. ეს გვიჩვენებს, რომ
 სითბო უფროსი ტემპერატურის ნაწილაკების გასაღებების კონტროლიერი
 მუხრის დაკლებას ან სხვა სითბოს გამოყოფა.

ყვის მსვლელობისას გზისა და ფრეზერატურის რეგისტრაცია საშუალებას
 მოგვცემს ავიღოთ შესაბამისი მრედი ისე, როგორც ეს ნახ. I.2-ზეა ნაჩვენები.



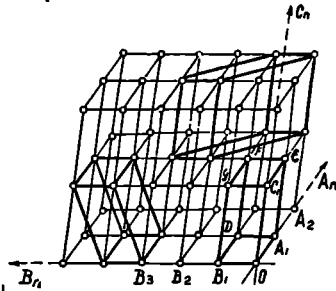
ნახ. I.2. განხილვის მრედი კრის-
 ტალური (აბcd) და ამორფული
 (ef) ნივთიერებისას. T კრისტალ-
 ური სხეულის ქოლის ფრეზერატურა

ამ ანონიმული ისეთი შემთხვევა, როდესაც კრისტალის განხილვის შემდეგ
 მისი ფრეზერატურა 40 წ-ის ტემპერატურაში იზრდება და მთავრად 30°C
 (ინტერვალი აბ), შემდეგ 33 წ-ის ტემპერატურაში კრისტალი იღებოდა და
 ფრეზერატურა აქამდე იზრდება (ინტერვალი ბც), როცა კი კრისტალი მთლიანად
 გაღება, მდარის ფრეზერატურის მრე გაგრძელება (ინტერვალი cd). იგივე
 ცხა რომ ჩავატაროთ მყარი ამორფული ნივთიერების მიმართ, პაუნიანხაზე, რომ
 ფრეზერატურის ანალოგიური მრედი შეზრდება არ უწევდა ადგილი (მრედი ef
 ნახ. I.2).

სითბოს, რომელიც გამოყოფა ნივთიერების კრისტალიზაციის გზის, ამ რომე-
 რიც მთავრდება კრისტალის გაღობისას, ი რ ი მ ი ნ ს გ ა რ უ რ ს ი მ ბ რ ს
 უნდა იქნება.

აღნიშნული ცხა გვიჩვენებს, რომ ნივთიერება კრისტალიზაციის გზის კარგავს
 ენერგიის ტარკველი რაოდენობას. ლორიერი გამოანგარიშება გვიჩვენებს, რე:
 კრისტალური მუხრის ნარჩენობას ან სხვა ენერგიის გამოყოფა. მაშასადამე,
 ტარკველი ენერგიის ნარჩენობაში კრისტალური მდგომარეობაში მყოფ ნივთიერებას

გამოყოფილია საბნაირი უჯრები). ელემენტარული უჯრების შერჩევისას პატარა-
ფორმული უნდა იყოს შემდეგი მოახლოვნები: პარალელოპიპედის მოყვარა უნდა
იყოს მიწინააღმდეგარ, ანაბნაირი ნიშნების რიცხვი-მაქსიმალური და რაც შეიძლება
მეტი იყოს სწორი კუბები. დადგენილია, რომ სულ არსებობს კრისტალური მესრის
14-ნაირი ტიპი, ცნობილი ბრავეს მესრების სახელობებით.



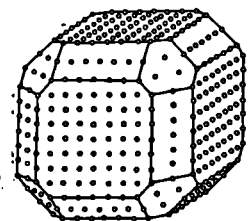
ნახ. 1.4. სივრცული მესრი. სტელი
ხამებში გამოყოფილია სხვადასხვა
ელემენტარული უჯრები

კრისტალის ფორმასა და მის მე-
სერს შორის შემდეგი გამოკიდებულება:
მესრის ვრცელი მაისი პარალელურად
დასაძვებია კრისტალის წახნაგის არე-
ბობა, ვრცელი რიგის პარალელურად კი
წიბო გაივლის. სივრცული მესრის ვრცე-
ლი კვანძი კრისტალის შესაძლებელი
წვეროა.

ესაბიძა, რომ მესერში სხვადასხვა
მიმარბულნიოთ გაყვანილი ბრჭყლი მა-
გებში კვანძების სიხშირე შერბულ
უახლოეს სამ კვანძს შორის მანძილი-
საგან გამოყოფიებულია. ვრცელი მაისი
ფარბობის ურბულზე კვანძების რაობენ-
მას ბაისის რე ტი კ უ ლ ა რ უ ლ
ს ი მ ტ ი ბ რ თ ე უ ს უ რბოდებ.

ნახ. 1.5-მე მოცემულია სამი სხვადა-

სხვა რეტიკულარული სიმჭირროვის მაისი პარალელურად
მაე შორის უფრო იივი ბოისსა ის წახნაგები,
რომლებიც მეტი რეტიკულარული სიმჭირროვის მე-
ნე ბაისის პარალელური არიან.



ნახ. 1.5. კრისტალის სვე-
მაგური აბებულება

§ 1.3. კრისტალთა წარმოშობა და წარღის გეგანისწიბი

ბუნებაში გვხვდება სხვადასხვა სიიიის
კრისტალები. ბოტირბი მახტანი ისეიი მიერა,
რომ მას მხოლოდ მიკროსკოპის საშუალებიიიე
ტავარბუე, ბოტი კი უფრბ მსხვილია და მახი
ბომბეი მილიმეტრებში ან სანტიმეტრებში გამოისახება. გვხვდება აგრბედე ისეიი
ტიტანტი-კრისტალები, რომელია ბომბეი გამოისახება მეტრებში, ხოლო წინა-გდებ-
ში. ცნობილია, მატალიაეა 6.0⁰ წახნაგის მეორე ეარსის და 10-12-ტირბინი კვარ-
ეის კრისტალები და სხვ. ვრცელაფერი უს იბას ნიშნავს, რომ ბუნებაში რაიბე. ნივბიე-
რების კრისტალები ჩასახვის შემბეე იბრბება, რაც ურავოე გამოკიდებულია შეს-
ბამის ტარბიში კრისტალიბაეისის ბელბუნწეობი პირბებების ხანტებლიბობაბე.

კრისტალი უნიბებუა წარბიბიბვას გაბობრბე, სხებეა და მებარ ტარბიბიში,
ნივბიერების ურბი ფობიკური მტებობარბიბიბან მეორბეი ტაბასკეისის ბრბს. შეიბებუა
ბავასახლოე კრისტალური ნივბიერების წარბიბობის სამი ბირბიბი ტბა:

1. **წიგნეურების** **ახვეპარი** **მეგობარეობიდან** **მეყარ** **მეგობარეობაში** **გაპასვლა:**
ა) **მეწარეიდან** **მეყარ** **მეგობარეობაში** **(გამყარება)**, **ბ)** **ხსწარეიდან** **მეყარ** **მეგობარეობაში** **(პარტეპა)**;

2: **წიგნეურების** **აიარეი** **მეგობარეობიდან** **მეყარ** **მეგობარეობაში** **გაპასვლა** **(აქრეობა)**;

3: **წიგნეურების** **ურეი** **მეყარ** **ფამური** **მეგობარეობიდან** **მეორეში** **გაპასვლა**.
კრისტალიბაყის **მუნდრეი** **პრეყვლებიდან** **ეველაზე** **გარეყვლებული** **პირევი-**
ლი **გმა-კრისტალიბაყის** **მეწარეიდან** **ან** **ხსწარეიდან**, **მაგალიბაყ**, **გაყარეობე** **წყრიბან**
ფრეიბის **ან** **გარეყარედეური** **მაგმური** **მეწარეიდან** **კრისტალიური** **ქანის** **წარეობ-**
აშია. **პარტევის** **შეგეგაპა** **წარეობიბილი** **სხვაპასხვა** **მარეიბის** **ბრევი** **მლაშე**
აუბეობის **ფსკრეზე** **პა** **სხე**;

რამზე **წიგნეურების** **ხსწარე** **შეიბლება** **იფოს** **გაყარედევი**, **გარეყარედევი** **პა**
გაპარეყარედევი; **აყიოხე** **ქვამარეიბის** **(N&L)** **კრისტალი** **პა** **მრეაჟავსოხე** **იფო**
იბავე **მარეიბის** **ხსწარეში**. **კრისტალი** **ან** **გაიხსწარება**, **ან** **გამბრეგება** **(გამარეობობის**
კრისტალიბაყის), **ან** **პარეგება** **უყვლევი**. **პირევი** **შეიხსევევაში** **ხსწარე** **გაყარედევი-**
ბელია, **მეორეში-გაპარეყარედევიან**, **ხორე** **მესამე-შეიხსევევაში** **ხსწარე** **გარეყარედევიან**
პა **აყვილი** **აქვის** **წარეობიბობის** **კრისტალიან** **პა** **ხსწარე** **შორის**; **მაშასამაშე**, **კრისტალი-**
ბიბაყის **შესაძლეველია** **მხოლოე** **გაპარეყარედევი** **ხსწარეში**.

კრისტალიები **მუნდრეში** **აქრეობის** **შეგეგაპე** **უფრე** **ნაკლებე** **წარეობიბობა**,
ვირე **ახვეპარი** **მეგობარეობიდან**. **წიგნეურების** **აიარეი** **მეგობარეობიდან** **კრისტალი**
წარეობიბობა **ეველანდების** **კრეყარეობის** **კედეზე** **ან** **ნაპრელებში**. **გოგორეის**, **იფიბის**,
ნიბაყრის **პა** **სხვაჟე** **კრისტალიების** **მსგავსაჟე**; **ამავე** **გზიხე** **ჩნდება** **აფიბსტორეში**
წყრის **იჩევილიდან** **მხოლოე** **ფრეყვში**.

წიგნეურების **არაკრისტალიური** **მეგობარეობიდან** **მეყარ**, **კრისტალიური** **მეგობარეობ-**
აში **გაპასვლის** **მაგალიბის** **(მესამე** **გმა)** **გარეყვული** **ბროის** **გამმავლიბობაში** **წარ-**
ეობაყარევის **მუნდრეი** **ეველანდური** **მიბის** **პაკრისტალიება**. **ამ** **შეიხსევევაში** **ამორეყვი**
მასის **ნაკლებე** **წარეობიბობა** **სხვაპასხვა** **შეიხსევევიბის** **კრისტალიან** **აქრეყავიბი**.
ამავე **გზიხე** **წარეობიბობა** **მიბინ** **პა** **მარეყვლევიანი** **კირევის** **ხარეგე** **(CaCO₃)**
მსხვილიმარეყვლევიანი **მარეობიბობე**. **ჩვეულებრივე**. **ეს** **ხდება** **კირევის** **ბრევიბა** **პა**
მაჟე **წყვამში** **შეყრილი** **მაგმური** **წარეობიბობის** **ქანის** **კონგაქვის** **გამო**.

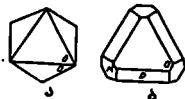
კრისტალიური **მარეყვლების** **გამსხვილებე** **მეყარედევიჟე** **ხდება**, **წიგნის** **ან** **გვი-**
პურეყვის **მომეყვების** **გარევიბე**. **ამ** **პრეყვის** **შეგეგაპე**. **მყარდება** **მეყარის**
სიბეყიყე **მანქანის** **სხვაპასხვა** **ნაწილებში** **პა** **სხე**.

რამზე **წიგნეურების** **კრისტალიბაყის** **პარეყვინსაჟეის** **ხსწარეში**, **მეწარეში** **ან**
აიარე **გარევიბიში**: **საყრიბა** **ჩაიბასხოს** **კრისტალიბაყის** **ევეწერი**. **ჩვეულებრივე**,
ხსწარეში **მიბრეობაში** **მეფოფ** **პაყვებიჟე** **პა** **უარეყოფიჟე** **პამეხეყვი** **იონეში** **გვი-**
პურეყვის **პაყვინსაჟე** **ურეჟე** **კარგავს** **მიბრეობის** **ენეყვის** **პა** **ამასჟე** **პაკვა-**
ბირევიბე, **მაჟე** **ურეჟეანეჟე** **პაკვახევიბის** **ბროის** **უფრე** **აყვილი** **მიბიბევიბიდან** **პა** **ამიხე**
წარეობიბობე **გარეყვული** **კანონმიბიბევიბე** **ამუნედევი** **იონე** **ქვეჟის** **ანე** **კრისტალიის**
ჩაიბასხოს, **რევილსაჟე** **ჟანქაჟე** **მიემაყვება** **სხვა** **იონევიჟე** **პა** **იწყება** **წიგნეურების**
კრისტალიბაყის.

აქრევიბევი **ჩაიბასხევი** **უფრე** **აყვილი** **წარეობიბობიდან** **გაპარეყარედევი** **ხსწარეში**,
ვირე **გარეყარედევი** **პა** **მიხე** **უწეჟეს-გარეყარედევიში**, **რადგან** **აქ** **არ** **გვაქვის** **საკმარისაჟე**
ქარე **ჩაყარევიბე** **გახსწრე** **წიგნეურების** **პა** **შეიხსევევიხე** **წარეობიბობილი** **იონე**
ქვეჟე **პა** **აყვილი** **იბევიბობა**.

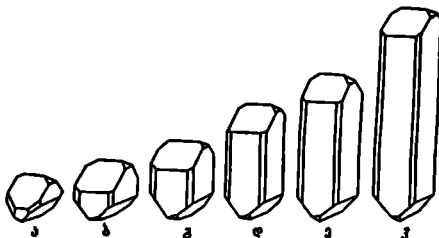
კრისტალის მჰრის სიჩქარესა და მისი ფორმის განვითარებაზე გიპ გავლენას ახდენს გარემოს ფიზიკური და ქიმიური პირობები, როგორცაა ხსნარის კონცენტრაციის ხასიათი, მასში მიმარველები არსებობა, ტემპერატურა, წნევა, კრისტალიზაციის ცენტრის აგრეგირებადობა და სხვ.

კრისტალის ფორმამდ ხსნარის გაგაჯერების ხარისხის ცვალებადობის გავლენის საილუსტრაციოპ მოცუვანით მათის კრისტალუნის მჰრის ა. ბუნდოკოვის ცნობილი ცდა, რომლითაც დატინდა რომ, რაც უფრო გაგაჯერებულია ხსნარი, მით უფრო ნაკლებია მათის კრისტალბში წახნაგების რაოდენობა (ნახ. 1.6).



ნახ. 1.6. ხსნარის კონცენტრაციის გავლენა მათის კრისტალბების რაოდენობაზე. ა-კრისტალი მუცაპ გაგაჯერებული ხსნარით; ბ- ნაკლებად გაგაჯერებული ხსნარით

სხვადასხვა წიფიერების კრისტალიზაციამდ ხსნარში მიმარვეების არსებობის გავლენას ექსპერიმენტულ ცნობრების სახელწიფო უნივერსიტეტის კრისტალიზაციის კაფერამდ ვ.ა.ა. მაკოვსკებში, რომელიც ცდების სასულივებზე დატინდა, რომ ექსპერიმენტის ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) კრისტალბი მოცუვება ხსნარში: ზონაქსის რაოდენობის გატობიბი (ნახ. 1.7).

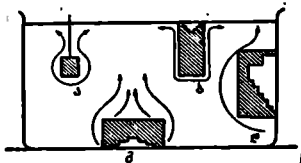


ნახ. 1.7. ექსპერიმენტის ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) კრისტალბების სახის შეცვლა ხსნარში მორაქსის რაოდენობის შეტობრებით

ტემპერატურის გატობებასაფ გაკავშირებით კრისტალბების მჰრის სიჩქარე მატებობს და შეესაბამისაპ იცვლება მისი სახეც. ეს მოცუვება, აღმათ, გაკავშირებულია ხსნარში ნაწილაკების მოძრაობის სიჩქარის ცვალებადობასაფ.

კრისტალიზაციის მსკვლეობამდ და წახნაგების განვითარების სიჩქარეზე გიპ გავლენას ახდენს კრისტალიზაციის ცენტრის განლაგება მკუვბავი ხსნარის მოძრაობის მიმარველებისაფ; კრისტალი ცვლება მიმარველებით საწამარპ განვითარება და იდეალური ფორმა ვრწევა მათში, როდესაც ხსნარს საშუალება აქვს ცვალა მხრბან შევხოს მას (ნახ. 1.8.ა); ხლო კრისტალი ცარმხრევაპ განვითარება, ეს მისი ცენტრი განლაგებულია კრისტალიზაციის მკუვბავი ხსნარის ნაკაპის მიმარს არასიმეტრიკაპ. მატ., რაც მიმარვეებულია ვრწევის კუბებზე, ცსკვრებზე ხსნარის მტეპაწილათ (ნახ. 1.8 ბ, გ, დ).

ბუნებაში იდეალური კრისტალების სარბინობის პირობები მცირეა. იდეალურად განვითარებული კრისტალი ნარბინობა მხოლოდ ნაშინ, როგორც იგი ხსნარში ან მდნარში ან ჩაიძირება, ხანძარს იბრუნებს და მათსადაც, ყველა მისი



ნახ.1. მ.ხსნარის ნაკადების მიმართულმა კრისტალის მარის გროს

ნახნატი სტატიკურად ვრცელად პირობებში იუნება უახლოესი გარემოს მიმართ. ამის მაგალითია ფრედიმბრის წესიერად განვითარებული აღმასის კრისტალები, რომლებიც, გასაშვებია, იმრეცობდნენ გამრეცად მატებაში. მუნიონი მტკობარეობაში, ყველა განარჩენ მუნახვევაში რეალური კრისტალების ფორმებს განრეცული აქვს მესამისის სიშეგრეობა. როგორც მუნიონი პავინახავე, ბუნებრივ, არაიდეალურ კრისტალებზე განვითარებული ნახნაგების განლაგება კრისტალის ფორმის აგრეგირის სრული საშუალებას იძლევა (რომელიც მას უნდა მკონტა, იდეალური პირობებში რომ პაკრისტალებულიც).

ბუნებრივად და ხელეწუნად გამრეცად კრისტალის მუნიონის რეალურმა მუნახვევამ გვიჩვენა, რომ როგორც მუნიონი მახი მრეა ვრცელად გვიხი მიმდინარეობს. ვესპერონების პირობებში მუნიონი კრისტალზე ნახნაგების განლაგების საშუალებას მრეცობს. მუნიონის მიმართ ან სპირალური მრეცობის განვითარების საშუალებას.

რამდე ნივთიერების კრისტალის მარის გროს ისევე ფაქტორი რომ მუნიონის, რომელიც მისი ურეცვალეების (ფრის, მუნიონის და სხვ.) გვიჩვენებს განობიერებს, მივიღებთ 1.5. მონალური აგებულების კრისტალს (ნახ.1.9).

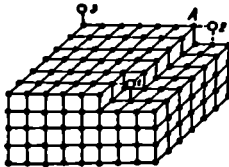
ნახ.1.9. კრისტალის მონალური აგებულების სტრუქტურის გროსი



მონალური სტრუქტურის მუნიონი კრისტალები ბუნებაში ძალიან გავრეცადულია. მაგალითად, ფლორიტი (CaF_2), რომელიც ხშირად უფრო მრეცობს მიმდინარეობს იმსტრად და მუნახვევებზე მრეცობს, ან მიმდინარის მუნიონის (უფრო ხშირად პლატიკლამების) კრისტალებში გვალებადი მუნიონის მიმდინარის მონალური და სხვ.

მონალური კრისტალების მუნახვევით პარეცვილია, რომ მახი მარის გროს ნახნაგების განლაგება მრეცობს მრეცობს სახით ხორცილებს ურეცობს პარეცვილი მრეცობს. ეს მივიღებთ განობიერებული კრისტალური ნივთიერების მესრული აგებულებით და განლაგებით, ეს რა ხანშიმდინარეობს ხედა ნარეცვილების (აგობების, იონების ან მილეკულების) განლაგება მმარტი კრისტალის მუნიონის. პრეცვისის მსვლელების სტრუქტურის განობის სტრუქტურის მიმართ უფრო ფორმის მუნიონი მესრული (ნახ.1.10). აქ ნარეცვიების კრისტალის მუნიონის ნახნაგების მრეცობს, 1.1. იონის განლაგების მუნიონის ახალი (მუნიონის პარეცვილი) მრის ნარეცვიობა. მიმდინარის განლაგების ყველა მუნახვევებზე პარეცვილი მონის უფრო "ხელსაგრული" ის პარეცვილი,

სადაც ուղղանկյანი მիწებრების შედეგად გამოიყოფა მულტიბარული ენერჯია, ამასთან დაკავშირებით, ուღი პირველი რიგში განლაგდება სამხანდაცა შემაჯავრ კუბები (ნახამდე ეს ადგილი აღნიშნულია ყიფრით 1), რაგან აქ იგი მიიზიდება სამი უახლოესი იონით. შემდეგი იონი იმავე მიმართულებით განაგრძობს განლაგებას, სანამ რიგი არ შეივსება. ამის შედეგად ახალი იონი განლაგდება მერ-

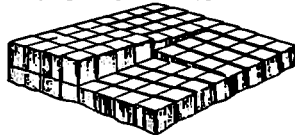


ნახ.1.10. ნახანგის მრეის შევანიძი მარტივი კუბური ფორმის მქონე მესრის შემხვევაში

ფორმი 2 (ორმხანდაცა შემაჯავრ კუბები), რაგან ამ მდგომარეობაში უფრო ხელსაყრელი ადგილი არ იქონიანება; შემდეგ განწყება შევსების ახალი რიგი, ხოლო რთა ამ გზით შეივსება მთელი მრე, ახალი იონი იძლევა შევარაგეს კრისტალის მრეფორმი 3 და განმეორდება შემდეგი მრის აცება. მაშასამაძე კრისტალის მრეის მრის, უმევეს შემხვევაში, ახალი მრის აცება განწყება მხოლოდ მაშინ, როგვსაც სრულიად შეივსება ნინა მრე.

დაახლოებით 20 მრის ნინა ჩამოყალიბდა კრისტალა მრის ახალი ე.წ. კონკრეტიული ფორმა, რომლის მიხედვით კრისტალა ნახანგების მრეა სპირალური მრეების განვითარების გზით მიმდინარეობს. კრისტალში მიმარევეების არსებობის გამო მის მსურში წარმოიშობა დაძაბულობა, რომელიც იწვევს მესრის ყალკეული უმეების მესრის სხვადასხვა მიმარევეებით და ამჟღავნებს, რის შედეგადაც კრისტალის მგეპირმე წარმოიშობა ხრახნილი ღერძის მესრით განლაგებული ნაწილები (ნახ.1.11). ამრიგად, ნახანგის მგეპირმე წარმოიქმნება ირ-და სამხანდაც კუბები, რომლებშიც ხელსაყრელი პოზიციების ღანძიდვერობის დაევეთ განლაგებშიან ახალი იონები და კრისტალის მრეა სპირალური მრის განვითარებით მიხებდა. სპირალური

ნახ.1.11. კრისტალა მრეა სპირალური მრის განვითარებით (კონკრეტიული ფორმა)

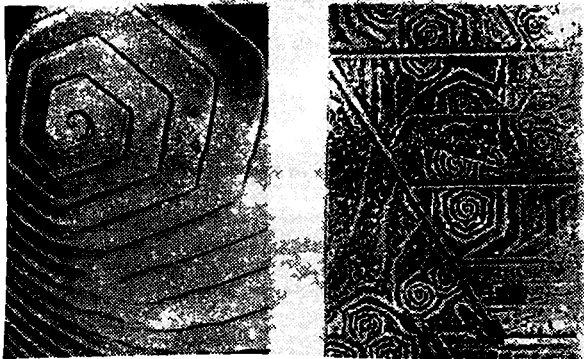


შეიძლება იყოს მარევენა ან მარევენა, პოლიტომური ან მრეული. საფეხურის სიძალი რვეულიმრეა 5-10 Å, მათი დანახვა უმევეს შემხვევაში შესაძლებელია მხოლოდ სპეციალური მელოების გამოყენებით, როგორცაა ფანქონტრასტული მიკროსკოპით, ინტერფერომეტრიული მელოით, გერეოთი დანახება, კრისტალის მგეპირის დაევერების მელოით და სხვ.

მრის სპირალში დაევენილია კვარცის (SiO_2), ალმასის (C), პემაგონის (Fe_2O_3), ამალოის ($Ca_2(PO_4)_2Cl$) და სხვა კრისტალებზე. ნახ.1.12-მე მოყვებულია მარევენა სპირალური კარბონების (SiC) და სფალერიტის (ZnS) კრისტალების ნახანგებზე.

კრისტალი მრეის მრის, მისი ნახანგების განვითარების სხვადასხვა ინტესტივობის გამო, ღებულობს სხვადასხვა ფორმას (მრეველიფორმელოანი, პირმეული,

ნებისმიერ, პირადად და სხვ.). ფორმის ეს ევოლუცია მჭიდრო კავშირშია
 გარემოს ფიზიკურ-ქიმიური პირობების ცვალებადობასთან, რაც თავის მიხედვით
 აპირობს სხვადასხვა ნახნაგის მრეხის შესაბამის სიჩქარეს.



ნახ. 1.12. კრისტალის ნახნაგების მრეხის სპირალუბის
 ფაბრიკისა და სხვა სურათები: ა-კარბონატების და ბ) სფა-
 ლურიტის ნახნაგებზე (ა.ვ.ვარმას მიხედვით)

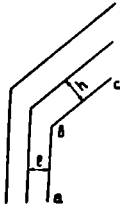
ნახნაგის მრეხის სიჩქარეს არიის ურთულში ნისი გაპაპეტილების მანძილი
 შეადგენს მასზე რაღაცეხილი მარჯობის მიმართულებით. ეს მანძილი გაიბოშება
 რიის ურთულში ნახნაგზე მიმართული შრის სისქით. ნახ. 1.13-ზე მოყუებულია აბ
 და ბნ ნახნაგების მრეხის სიჩქარეში. ეს პერიოდულობა დადებითია სხვა-
 დასხვა ნივთიერების კრისტალთა ნახნაგების მრეხის სიჩქარეში. მაგალითად,
 ექსპერიმენტის (NaCl) კუბის ნახნაგები რეგულარულად 0,28 მმ-ით გაპაპეტილებიან;
 ხოლო არაგონიტი ($CaCO_3$) კრისტალის მრეხი ნახნაგები — 0,66 მმ-ით.

ნახ. 1.14-ზე განიხილულია K კრისტალი, რომლის აბ, ბნ და დე ნახ-
 ნაგების მრეხის სიჩქარე დაკლებია, ვერც cd და აფ ნახნაგები თანადად მჭიდროება და
 სამოლოფ კრისტალის ბედაპირზე აღარ რჩება. მაშასადამე, კრისტალზე ვიხარ-
 ება ნაკლები მრეხის სიჩქარის მქონე ნახნაგები, ე.ი. კრისტალური მესერის
 მასისმიერი რეგულარული სიმჭიდროვის მქონე ბაგების პარალელური ნახნაგე-
 ბი. აღნიშნული რეგულარული სიჩქარე XIX საუკუნეში ფრანგი კრისტალოგრაფის
 რეიუსის ბრავეს მიერ იყო დადგენილი.

ნახ. 1.15-ზე ვხედავთ, რომ ყველაზე მეტი რეგულარული სიმჭიდროვეა კუბის
 აბ და ან ნახნაგების ბაგების პარალელურად, ამიტომ ეს ნახნაგები
 უფრო ვიხარებებიან, ვერც ნაკლები რეგულარული სიმჭიდროვის მქონე ბიკონ-
 ლურიტი მრეხის ბნ ნახნაგის ბაგის პარალელურად, რომელიც თანადად
 დაკლებია. უფრო მეტი აღნიშნულია ნაწილაკების განლაგების თანმიმდევრულად.

ბრავეს კანონი დასაბუთებულია ბრაველი მუნიციპალიტეტი და ხელისუფლებით კრისტალო-
 გის შესწავლით. რამე ნივთიერების კრისტალთან მიმართებით რომ გამოვსწავლო და

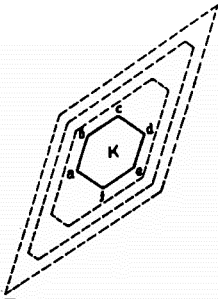
მოსაყვამის იგი იმავე ნივთიერების გადარეზულ ხსნარში, გაინახავს რიგით პარტეებს მიჩვეულ კრისტალიზაციას და შემოიფარგლება ნახნავეთი, განვიხილო-
 გინან და საბოლოოდ ერთმანეთს შეუერთდებიან ის ნახნავეები, რომლებსაც რეკ-
 კულარული სიმჭიმოვანი მუცე ექნება და ბირთვის ნაცვლად იმავე კრისტალს
 მივიღებთ (ნახ.1.16). ამ მოვლენას უწოდებენ კრისტალიზ რეკონსტრუქციას.



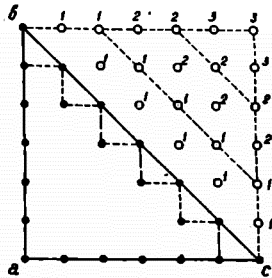
ნახ.1.13. ab ნახნავეს
 ბირთვს სიჭიმავა L ხოლო
 bc ნახნავეს — h

საწინააღმდეგო მოვლენაა კრისტალიზ ხსნარში, გაბნეულში ან გაუჯერებელ ხსნარში მოსაყვ-
 ბული კრისტალი იწვევს გაბნენს. პირველ რიგში
 ახსნება კრისტალის წვეროები და წიბოები, წარ-
 მოიშობა შემოღობილი ფორმის მსგავსი სხეული.
 ეს მოვლენა აიხსნება იმით, რომ მესრის შემად-
 გენელი ნაწილაკები უფრო ადვილად სცივდება კრის-
 ტალის წიბოებს და განსაკუთრებით წვეროებს,
 ვიდრე ნახნავეებს და კრისტალი თანაბრად მრავალ-
 ება. კრისტალის ნახნავეებზე ინტენსიური გამს-
 ნევის მყიფე ხნით მოქმედების შედეგად მათ ზედა-
 პირზე წარმოიშობა მიკროსკოპიური ღომის მრავალ-
 ნახნავევანი ჩაღრმავებანი, რომლებსაც გაბნენს

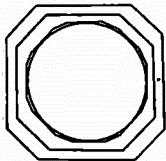
ან ამოჭმის ნაკვეთის უწოდებენ; მათ შეჰყავთ იგი მნიშვნე-
 ლობა აქვს კრისტალის სიმჭიმის ხარისხის დატენისათვის.



ნახ.1.14. კრისტალის ფორმის
 ცვლილება ნახნავეების ბირთვს
 სიჭიმავისთან დამოკიდებულებით



ნახ.1.15. bc ნახნავეს
 ნაკვეთი რეკონსტრუქციის
 სიმჭიმოვანი აქვს და არ
 ვითარდება

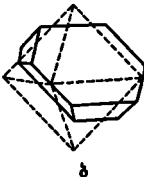
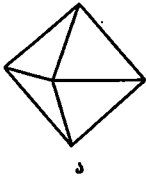


ნახ.1.16. კრისტალიდან გამოჭრილი
 ბირთვი ბირთვს შედეგად გადარის ისევე
 კრისტალიში

§ 4. კუთხეების გულისხმობის კანონი და კრისტალთა
 ბაზოვება

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ბუნებრივ პირობებში იდეალურად განვითარებული კრისტალები იშვიათად გვხვდება. უფრო ხშირია ნახნაგების არააბანბარი განვითარების გამო გაბნეული გამახინჯებული ფორმები. იდეალურად განვითარებული კრისტალებში უნდა და იგივე ფორმის ყველა ნახნაგი ცენტრიდან აბანბრად უნდა იყოს დაშორებული (კრისტალის ცენტრიდან ნახნაგებ დაშვებული მარ-
 თობის მიმართულებით). ზუსტი ეს მანძილები არააბანბარია, მაშინ კრისტალის ფორმა გამახინჯებულია.

ნახ. I.17-ზე მოყვებულია იდეალურად განვითარებული ოქტაედრის წინა ოსხი-
 ნახნაგი (ა) და არააბანბარად გამჭრილი იგივე ნახნაგები გამახინჯებულ



ნახ. I.17. ა-იდეალურად განვითარებული ოქტაედრის ფორმის კრისტალი, ბ-იგივე ოქტაედრი არააბანბარად განვითარებული ნახნაგებთ

ოქტაედრებ (ბ). რაცან კრისტალის შრის ერთ მისი ნახნაგების გაპაპეტილება ხდება ურთიერთპარალელური ორიენტაციით, კუხხეები ურთვეარვან ნახნაგებს შორის არ უნდა იყლებიგენ-იდეალურად იქნება განვითარებული კრისტალის ფორმა ზუ გამახინჯებულად გამჭრილი, ან იგივე იქნება კრისტალი ზუ პაგარა. ეს გებუ-
 ლება გომეტრიული კრისტალოგრაფიის ურთ-ურთი ძირითადი კანონთაგანია და ცნო-
 ბილია როგორც კუხხეების მუდმივობის კანონი: $a \neq b \neq c$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$

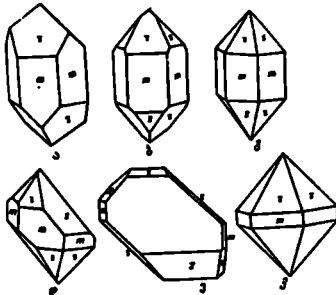
ეს კანონი პაპეტილი იყო 1669 წელს დაწილი ევინოსი და ბუნებისმღვყვე-
 ლის ნ. სტენოს (1629-1686) მიერ. აქსანიშნავია, რომ მის შრომაში მყარი სხეულის ბუნების შესახებ, რომელიც წარმოადგენს მხოლოდ მოკლე ლეგისებს გან-
 მრახული იგივე გრავიტაციისა, ეს კანონი მოყვებულია შრომის არა ძირითად ტექსტში, არამეტი მოყვანილი ნახაბის განმარტებაში. აღბაზ ამით აიხსნება ის, რომ ნ. სტენოს მიერ პაპეტილი კანონი შეუპირვეელი პარჩა იმპროვიტილი მეტეორებს და შენეგომში რამდენიმეჯერ ხელმეორე იქნა პაპეტილი.

ასე, მაგალითად, 90 წლის შემდეგ მ. ლომონოსოვმა (1711-1765) გარჩილების კრისტალების შესწავლისას გამოთქვა ამარი შესაბამისი კუხხეების მუდმივობის შესახებ, ხოლო 1782 წელს გამოტენილია ფრანგმა მეტეორება გ. მ. რომე-დელირმა (1726-1790) მრავალი ფაქტიური მასალის საფუძველი რამთავალია კუხხეების მუდმივობის კანონი და მოკვცა მისი ექსპერიმენტული პასაბუება იმ პროსაღვის უკვე არსებული შეხებიი გონიომეტრის საშუალებით.

შესაბამის ნახნაგებს შორის კუხხეების მუდმივობა შეიძლება ავხსნა იმით, რომ ურთი და იწავე ნივთიერების კრისტალებს ურთხარირი კრისტალური სტრუქტურა აქვთ. მაგრამ ცნობილია, რომ არსებობენ ისეთი ნივთიერებებიც, რომლებიც სხვა-
 ასხვა ზეგონიანმიკრო პირობებში იძლევიან ურთხანუთისაგან განსხვავებული

სტრუქტურის მქონე კრისტალებს. ასევე ნივთიერებებს მრავალფეროვანს ანუ $3 \pi \rho \theta \theta \theta \theta \theta \theta \theta$ უწოდებენ. კუბების მუდმივობის კანონი ვრცელდება მხოლოდ ერთი და იმავე ნივთიერების ისეთ კრისტალებზე, რომლებზეც ერთსა და იმავე პოლიმორფულ სახეობას განეკუთვნებიან.

ნახ. 1.18-ზე მოცემულია კვარცის (SiO_2) ერთი და იმავე პოლიმორფული სახეობის ექვსი სხვადასხვა სახის მქონე კრისტალი. ყოველ კრისტალზე შესაბამისი წახნაგები აღნიშნულია ურთიერთი ასოებით. ამ წახნაგებს შორის კუბების ევკლიას კრისტალზე ურთიანობა, მიუხედავად განსაკუთრებით პამბინდრეზუარ განვითარებულ-ლი ფორმებისა "ა" და "უ" კრისტალებზე, მაგალითად, ვერტიკალური მიმართულების ევკლიას "მ" წახნაგს შორის კუბზე ევკლიას კრისტალზე 120° -ის გოლია, ხოლო "მ" და "ზ" წახნაგებს შორის კუბზე 141° -ია.



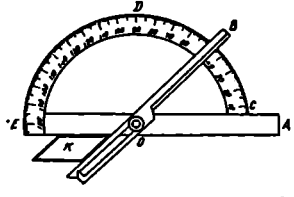
ნახ. 1.18. სხვადასხვა სახის მქონე კვარცის კრისტალი (SiO_2) "ა" ფორმა" მუდმივად კუბება). ცნობილია თანოთმეგრების ირი სახეობა: მუხუ-ბითი და არკულირი.

მ ე ხ ე ბ ი თ ე თ ნ ი ნ ბ ე რ ი მ ე ჯ ა მ არ გ ი ე რ ს ე ლ ა ნ წ ყ რ ა და წარმოადგენს ფრანსპორტირს, რომელზედაც მიმდრეზულია მძრუნავი ღამასა (ნახ. 1.19). გასაძიში ირწახნაგა კუბზე უნდა მივათვალოთ ფრანსპორტირსა და მიძრავ ღამასას შორის ისე, რომ ამ წახნაგების ტაპაკუბითა წარმოშობილი წინა ღამასის მრუნვის ღერძის პარალელური იყოს.

პირველი მუხუბითი თანოთმეგრი ავსტრიული იუნა 1772 წელს კორანჯოს მიერ, რომელსაც მუხუბით ან დაუპარტავს მნიშვნელობა. მისი მთავარი ნაკლია ის, რომ იგი ვერ გამოიყენება წერილი კრისტალებების გასაძიშად (კუბითი ერთ სანთიმეგრზე ნაკლები მისის) და აქვს მყირე სიმსუსე ($0,5^\circ$). თანოთმეგრების ტაუმიკრების პირველი ნა-ბიჯები 1809 წელს ჟოლანგონმა ტაპაკა, რომელმაც კრისტალის წახნაგებშიან არკულირი სინათლის სხივის ტანთმეგრებით მუქმნა ე.წ. ურთიერთი ა რ ე ვ ე ლ ი თ ი თანოთმეგრი. კუბებლის გაძიშვის პრინციპი მოცემულია ნახ. 1.20-ზე. K კრისტალზე ეყენა Q კოლიმეგრიანი პარალელური სხივი კრას. ეს სხივი იბა $A B$ წახნაგებთან არკულირი და F ფოტონის საშუალებით მათ ტანთმეგრ,

როგორც ჩანს, რაიმე ნივთიერების კრისტალის ფორმების დადგენისა და აღწერისათვის ყოველი მნიშვნელობა აქვს მასზე განვითარებული წახნაგების შორის კუბების გაძიშვის. ეს გაძიშვა რიგ შემთხვევაში კრისტალის წარმოშობის პირობების დადგენის საშუალებას გუპ-ღებს.

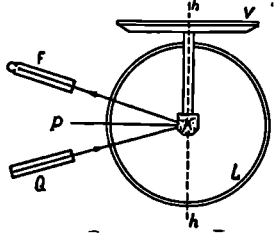
კრისტალის წახნაგებს შორის კუ-ბებზე მისავედნ სხვადასხვა სისუსების კუბებშიმუბითი ანუ თანოთმეგრებით



ნახ. 1.19. მუხუბითი თანოთმეგრი

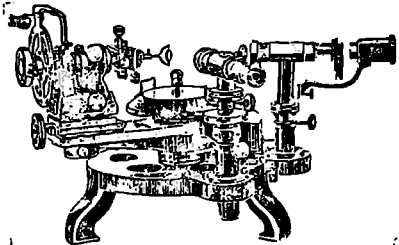
ძირის ნებისმიერი მერდიანის ტანჯვრივ; ცხადია, რომ კუპაგორის ვრცელი ნერ-
ვლის პოლარული მანძილი უფროსს 90° -ს.

კრისტალის რომელიმე წახნაგზე გამდებელი მარჩობის სფერული კოორდინა-
ციების მიხედვით უნდა წარმოვიტყუოთ კრისტალის გარშემო მიის ევენტრიდან
შეზივარებული სფეროს ბედაპირი (ნახ.1.24). გაუშვავთ ევენტრიდან კრისტალის
წახნაგებზე მარჩობები და გავეგრძელოთ ისინი სფეროს ბედაპირის გასაკვეთამ-

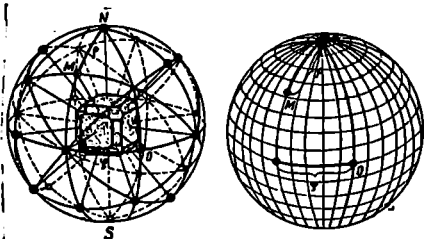


ნახ.1.22.ორწრიანი არეკვლითი ტონო-
მეტრის აგებულების სურათი. L -პირი-
მონტაჟური რიბში, V -ვერტიკალური
რიბში, მანარჩენი აღნიშვნები იგივეა,
რაც ნახვ. 1.20-ზე

ღე. მიღებული წერტილები წარმოადგენენ წახნაგების პოლუსებს, რომელთა მდებარეობის განსაზღვრა ხდება შესაბამისად φ და ρ მნიშვნელობებით. წახნაგის პოლუსის სიმრფეზე გააგანა შეიძლება გადავძიოების სხვადასხვა მუხობით, რომელთა შორის ყველაზე გავერცელებულია სფერულიგანჯილი გადავძიოების მუხობი.



ნახ.1.23. მანამეტროზე ორწრიანი ტონომეტრის (ე.ჯ.ფინნის მოძელი)



ნახ.1.24.კრისტალის წახნაგზე გამდებელი მარჩობის სფერული კოორდინაციები გამოყოფილია M პოლუსის φ და ρ კუხებებით

§ III. 1. სიმეტრიის მუდმივების

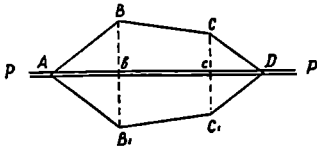
სიმრგვრემ ან სიურეში ნაკლებების კანონზომიერ განმეორებითი განლაგებას სიმეტრიას უწოდებენ. მისი მაგალიეებია მუშემაში ნაირკუარად მობაჯული პეპერას ფრეში, მრავალი ნეუნარის ფილეში და სხვ. აფსანინონავია, რომ მუშეშირე წარმონაქმნიდან სიმეტრია მრავალფეროვნად არის წარმოდგენილი კონსტრუქცია საბგარში. სიმეტრიულია კონსტრუქცია სპეციფიკური გამახასიათებელი ჯეისებაა და საფუძვლად უდევს მას კლასიფიკაციას. კონსტრუქციის სიმეტრიული, როგორც მისი მუშეშირეგული ელემენტები (წახნაგები, წიბოები და წვეროები) ისეი კანონზომიერებითი არიან განლაგებული, რომ პერიოდულად მეორდებიან. კონსტრუქციის ან ნებისმიერი ნაკლები სიმეტრიულია იუ მისი ცალკეული ნაწილები წარმოდგენილი მუიძლება მუშეშავსოი ურამანეს სიმეტრიული განლაგებების მუიძება. ეს განლაგებები მუიძლება იგოს ა რ ე ე ე რ ა რამე წარმოსახვითი სიმრგვრეში, მ რ ე ე ა - რმეშირე ეუნგრემ გამავალი ღერძის გარშემო ან ი რ ე ე რ ა რ ე ე ა-ნაკვეთის გეომეტრიული ეუნგრეში მდებარე წერტილები. აღნიშნული გეომეტრიული ერეგული-ს ი მ რ გ გ ე ე ს, ე ე რ ძ ს და წ ე რ გ ი ე ს უ წ რ ე ე ე მ ე ე ს ი მ ე ე რ ი ი ს ე რ ე მ ე ე გ ე მ ს.

სიმეტრიულია ჯეისარნირა მხოლოდ იდეალურად განვიხარებულ კონსტრუქციებზე. რადგან რეალურ კონსტრუქციებზე ხშირად წახნაგების არსებობაა განვიხარებების გარე გამახასიათებელი სიმეტრიულია რარეგულია, ამიტომ კონსტრუქცია სიმეტრიის კანონზომიერების მუსახრავლად სარგებლობენ არა მუშეშირე კონსტრუქციით, არამედ ხის მილელებით, რომლებზე იმეორებენ მუშემაში არსებული მრავალწახნაგების იდეალურად განვიხარებულ ფორმებს.

ს ი მ ე ე რ ი ი ს ს ი მ რ გ გ ე ე ე ს ე ე ი ს ი მ რ გ გ ე ე ა , რ რ მ ე ე ე ე ე რ ი ს გ ა რ ს რ რ ა ე ე ა რ ე ა ე ი ე რ ა ე ე რ გ ე ს ი ს ე , რ რ მ ე რ რ ი ე ა ხ ე ე ე რ ი მ ე რ რ ი ს ს ა რ ე ე ე ე რ ა ე ა ე ა რ ე ე რ ს წ ა რ მ რ ა ე ე ე ე ს . ეს ნიშნავს, რომ მილელები ირრე წახეარნი სიმეტრიის სიმრგვრეში (ან ირმხრე სარკეში) რომ აირკვლოს, კონსტრუქციის აკვის აკვის ურმა მუშეშავსებს.

რამე სხვების სიმრგვრეში არკვლისაგვის საჭიროა მისი გრევი წერტილიდან რამების ამ სიმრგვრეზე მარეობები, როგორც ეს ნარკვნიება ნახ. 11.1-მე. BC და CC მარეობებია P სიმრგვისაგვის, მუიძეე ურმა გაუარებელი ეს მარეობები მეორე მხარეს და გაუარებოთი გეოი მანძილები- $BC=BC$ და $CC=C, C$. ამრიგად, B წერტილი აირკვლება B , წერტილები, ხოლო $C-C$, - თი, სიმეტრიის სიმრგვრეზე მდებარე A და D წერტილები ეი არ აირკვლებიან. ადგილი რასადგენია, რომ $AB=AB, BC=BC$, და $CD=C, D$. მახასიათებელი, ABC ნაკლები P სიმრგვრეში არკვლით მუშეშავსება AB, C, D ნაკლებს. პირიქით

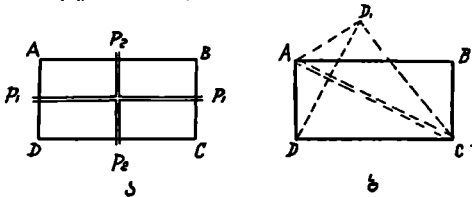
რომ გვემოქმედა, AB, C, D ნაკვეთი მუშავეს სტრუქტურა $ABCD$ - ს, ე.ი. მთელი $ABCD$, B , მრავალწახნატი მუშავეს სტრუქტურა ადვის ადვის P სიბრტყეში არაკვე-
ლით და მათსა და P სიბრტყე მთელი ნაკვეთისათვის სიმეტრიის სიბრტყეს
წარმოადგენს.



ნახ.11.1. $ABCD$ ნაკვეთის არაკველა
 PP სიბრტყეში

წახედავს და მათსა და AC სიბრტყეში მიღებული მარჯვენაების წახედავები არ
წარმოადგენენ ურთიმურობის საჩვენებელ ანარეკლს.

$ABCD$ მარჯვენაებში (ნახ.11.2 ა)
ტაივლის წახნადადების პარალელურად
სიმეტრიის ორი P_1 და P_2 სიბრტ-
ყეები, ერთმანეთში მიმართულნი
(ნახ.11.2 ბ) გაფარებული სიბრტყე არ
იქნება სიმეტრიის სიბრტყე, რადგან
მასში არაკვეთი მარჯვენაების წახე-
დავარი ADC მიიღებს AD, C მებე-
რეობას, ე.ი. არ მუშავეს სტრუქტურა მთლიან



ნახ.11.2. P_1 და P_2 მარჯვენაების სიმეტრიის
სიბრტყეებშია (ა). AC მიმართულნი სიმეტრიის
სიბრტყე არ ტაივლის (ბ)

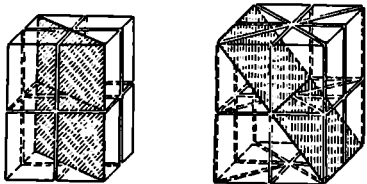
ავიღოთ მარჯვენა პარალელუმიები (ნახ.11.3.ა) და გავეფაროთ მასზე სიმეტ-
რიის სიბრტყეები. ასეთი სიბრტყე იქნება სამი (ნახ.11.3.ბ) აქტიური ორი-
ბი) - მათ შორის ორი ვერტიკალური და ერთი ჰორიზონტალური მიმართულნი. ერთ-
მანეთში სიბრტყე არ იქნება სიმეტრიის სიბრტყე, რადგან მის მიერ წარმოქმნილი
პარალელუმიების წახედავები არ წარმოადგენენ ურთიმურობის საჩვენებელ ანარეკლს.
კუბურადული ფორმის მქონე პრიზმას, გარდა ანალიტიკური სამი ურთიმურობის მი-
მართულნი სიმეტრიის სიბრტყისა, გაუმატება კიდევ ორი ვერტიკალური (კუბურა-
დის ერთმანეთში გასწვრივი) სიბრტყე და მივიღებთ სიმეტრიის ხუთ სიბრტყეს
(ნახ.11.3 ბ). ერთმანეთში გახრილი სიბრტყე არ იქნება სიმეტრიის სიბრტყე,
რადგან არ იძლევა წახედავების საჩვენებელ არაკველას.

ეს კუბის ვიზიტი (ნახ.11.4), აქტიური სიმეტრიის ხუთ სიბრტყეს გაუმა-
ტება კიდევ ოთხი გახრილი ერთმანეთში სიბრტყე და სულ მივიღებთ სიმეტრიის ცხრამ
სიბრტყეს - ოთხი ვერტიკალური, ერთი ჰორიზონტალური და ოთხი გახრილი.

სიმეტრიის სიბრტყე აქტიური P ან m ასეთი. კუბური იქნება კი
სიმეტრიის წინ მათ რიგებს გვიჩვენებს. მაგალითად, კუბში ტაივლის $9P$.

ს ი მ ე ტ რ ი ი ს ზ ე რ ძ ი ა რ ი ს ე ვ ნ ე ტ რ მ ე ტ ა მ ა ვ ა ლ ი
ი ს ე ო ი წ ა რ მ ი ს ა ხ ე ვ ი ო ი წ რ ჭ ე , რ ო მ ლ ი ხ ტ ა რ მ ე ვ მ ი

3 რის საღარიბო რთმ მუმი ვამ რ უნთ 360°-ით, იგი მუ-
 ჭავს ზედა ზევის ზევის ირჯურ ან მუჭურ რ. რამ-
 დენჯურაჲ მუჭავსება, სიმჭროვის ღერძი იმ რთვის იქნება.

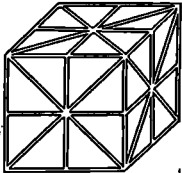


ა

ბ

ნახ. 11.3. მარჯვენა მარჯულიანი პედი
 გაივლის სიმჭროვის სამი ურთიერთმარ-
 თობი სიბრტყე (ა), კუპრასტული პრინ-
 მათი გაივლის სიმჭროვის ხუთ
 სიბრტყე (ბ). ერთმანეთი რამჭრობული
 სიბრტყე არ არის სიმჭროვის სიბრტყე

მაგალითისათვის ავიღოთ ისე მარჯვენა მარჯულიანი პედი რა გაუგაროთ
 მრგვ ღუძეების ცენტრში (ნახ. 11.5). ღერძის გარშემო რთმ ვამრუნთ 3 რის საღარი
 360°-ით, რვეინახაზე, რთ იგი მუჭავსება სანვის მდგომარეობას ირჯურ, ვ.ი.
 გოჯლი 180°-ით მოძრუნების შემდეგ. ნაბასაჲმე, აქ ცუვეუნება მუჯრ რთვის
 სიმჭროვის ღერძი: კუპრასტული პრინმის ღუძეების
 ცენტრში გაივლის მუჯრ რთვის სიმჭროვის ღერძი
 (ნახ. 11.5 ა), რადგან ამ ღერძის გარშემო რთმ ვამ-
 რუნთ 3 რის საღარი 360°-ით, იგი იახჯურ მუჭავსება
 ზევის ზევის, ვ.ი. გოჯლი 90°-ით მოძრუნების
 შემდეგ. სამწახნაჲ პრინმის ღუძეების ცენტრში
 გამავალი ღერძი (ნახ. 11.5 ბ) იქნება მესამე რთვის
 სიმჭროვის ღერძი, ვ.ი. გოჯლი 120°-ით მოძრ-
 ნების შემდეგ გაიხურება სანვის მდგომარეობას.



ნახ. 11.4: კუბში გაივლის
 სიმჭროვის ცხრა სიბრტყე

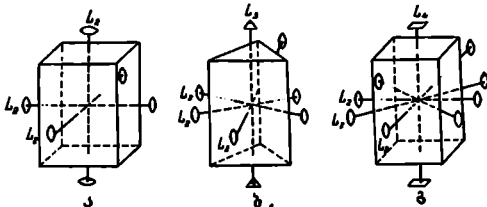
მინიმალურ კუბზე, რმეღეჲმეჲ უნა მუჯამრ-
 ნოთ 3 რის საღარი. რთ გაიხურებს სანვის მდგომარეობა, ურეღეღერ მოძრუნების
 ვ რ ვ მ ვ ნ ვ ა რ ვ რ ვ ვ ბ ვ ს. სიმჭროვის ღერძის რთი მუთღეჲმეჲ განესა-
 მდგომარეობა $n = \frac{360}{\alpha}$ გარმულით, საჲმე α არის ეღმეღმარული მოძრუნების კუბეჲ რა n -
 სიმჭროვის ღერძის რთი:

ჲ $\alpha = 360^\circ$, მაინ $n = 1$, ვ.ი. ცუვეუნება პირველი რთვის სიმჭროვის
 ღერძი. 3 რის საღარი ამ ღერძის გარშემო რთმ მოვამრუნთ 360°-ით, იგი უნა მუჭავს-
 ზეს ზევის ზევის, მაჲრამ ასეჲი ღერძები გოჯლი 3 რის საღარი მუთღეჲმეჲ გაუგაროთ
 უსანრული რა ამიგომ მას რთორჲ სიმჭროვის ეღმეღმეს მხეღეღეღმათი არ ვრ-
 მულით, გარა იმ 3 რის საღარებისა, რმეღეჲმეჲ სხვა სიმჭროვის ეღმეღმეს არა აქჲ,
 ჲ $\alpha = 180^\circ$, მთიღეღმე მუჯრ რთვის სიმჭროვის ღერძს რა ა.მ.

სიმჭროვის ღერძებს აღნიშნავენ L_1 ან L_2 ასლები, ხორ რთვის აღსანი-
 ნავად ამ ასლებს მიწერენ მარჯენივ ეღეღი საჲანადი ირეღეღეს: მაგალითად, L_3
 ან L_3 ნიშნავს მესამე რთვის სიმჭროვის ღერძს. აღნიშნოთ სიმჭროვის ღერძები:
 L_1 ასლი.

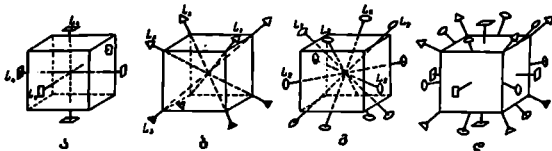
გამეზიხილოთ კუბის სიმჭროვის ღერძთა ურთიერთობა (ნახ. 11.6).

კუბის წახნაგების ცენტრში გაივლის მეოთხე რიგის სიმეტრიის ღერძი, სა-
ბი ურთიერთმართობი მიმართულებით $3L_4$ (ნახ.11.6 ა); კუბის წვერობში
გაივლის მესამე რიგის ოთხი ღერძი $4L_2$ (ნახ.11.6 ბ); წიბობის ცენტრში-მე-
ორე რიგის სიმეტრიის ღერძი; ყოველი წვერი წიბობი-ოთხი ღერძი; სულ კუბის 12
წიბობზე გაივლის $6L_2$ (ნახ.11.6 გ); კუბს აქვს 13 სიმეტრიის ღერძი- $3L_4, 4L_2$
და $6L_2$ (ნახ.11.6 დ).



ნახ.11.5. სიმეტრიის ღერძების განლაგება: ა-მართკუთხეა
პარალელუპიპედში ($3L_4$); ბ-სამწახნაგა ტოლკუბა პრიზ-
მაში ($L_2, 3L_2$); გ-კუბისაგურ პრიზმაში ($L_4, 4L_2$)

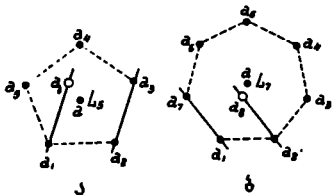
კრისტალში არსებობს L_2, L_3, L_4 და L_6 სიმეტრიის ღერძები. ხუთი ან
ექვსამე მეტი რიგის სიმეტრიის ღერძები არ არსებობს. გაუამტკიოთ რომ L_5 ღერ-
ძი კრისტალურ სხეულში არ არსებობს. ავიღოთ რაიმე კრისტალური მესრის რომე-
ლიმე წერტილი (კუბი) და დაუვშვათ, რომ აქ გაის მესხე რიგის სიმეტრიის
ღერძი (ნახ.11.7 ა) ნახაბის სიმეტრიის მართობულად; დაუვშვათ, რომ უ ა ბ ც დ ე-
ს ნ კუბი ამ წერტილისათვის ბაგებე. არის A_1 წერტილი, მაბინ ასხეივე წერ-
ტილი უნდა იყოს L_5 ღერძის გარშემო, იმავე უაბიღესი მანძილით დაბრუნდეს
ხუთ აბიღის (A_1, A_2, A_3, A_4 და A_5 ნახ.11.7.ა), რომლებიც ურთეს და იმავე
ბაგეს კუბეფინან. მესრის ზვისებებიდან გამომდინარე ვიყიო, რომ მის ყოველი რ



ნახ.11.6. სიმეტრიის ღერძების განლაგება კუბში.
ა- $3L_4$; ბ- $4L_2$; გ- $6L_2$; დ-ყველა ღერძი
აღნიშნული ვრთეს

კუბშივე შეიძლება გავაფაროთ მესრის რიგი და ყოველი კუბშივე-წიბობისრი რიგის
პარალელური რიგი, ამიგომ A_2, A_3 კუბშივე გაფარებული რიგის პარალელური რიგი
შეიძლება გავაფაროთ A_1 კუბშივედაც. ეხლა გავიხსენოთ, რომ პარალელურ რიგებში

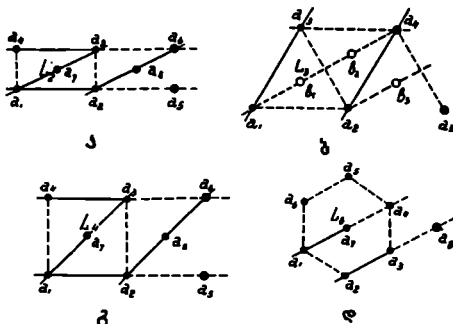
კვანძებს შორის მანძილი გრძლია, ამიტომ A_1 - ბე ტაგარბული რიგში უნდა გვქონდეს A_2 კვანძი, რომელიც A_3 კვანძთან უფრო ახლოს იქნება განლაგებული, ვიდრე A_4 , რომელიც პირიქითაა განლაგებული და მანძილსავე A_2 კვანძის არსებობა შეუძლებელია. რადგან ჩვენი მსჯელობა და ატება სწორია, ა ბ ს უ რ ე-ღ ი შედეგი გვიჩვენებს, რომ L_5 ღერძის არსებობის დაშვება მცდარია. ამრიგად, მუხუჯე რიგის სიმეტრიის ღერძის არსებობა შეუძლებელია, რადგან ენონაპომდეგება (იოგრული მესრის ღერძებებს).



ნახ.11.7. L_5 და $L_{7>5}$ სიმეტრიის ღერძები კრისტალში არ არსებობენ

ამავე ტიპის შეიძლება გავრცეზნდებოთ, რომ არ შეიძლება არსებობდეს შეუქვეს რიგზე მაღალი რიგის სიმეტრიის ღერძი. ნახ.11.7-ბ-ზე ნაჩვენებია, რომ არ შეიძლება მუხუჯე რიგის სიმეტრიის ღერძის არსებობის დაშვება.

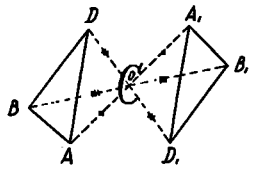
შეუქვეს რიგის სიმეტრიის ღერძის არსებობა, როგორც ეს ნახ-11.8 პ-ზე ჩანს, არ ენონაპომდეგება სიოგრული მესრის ღერძებებს; არ არღვევს მესრის არსებობის პირობებს მუორე, მესამე და მუოხე რიგის სიმეტრიის ღერძებიც (ნახ.11.8).



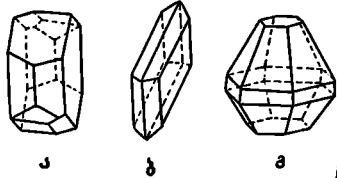
ნახ.11.8. კრისტალში არსებობენ: მუორე (ა), მესამე (ბ), მუოხე (გ) და შეუქვეს (დ) რიგის სიმეტრიის ღერძები

როგორც ვხედავთ, სიმეტრიის ღერძი აერხიანებს კრისტალის საწინააღმდეგობრ განლაგებულ ორ მუმიოფარგული ელემენტს. ეს ელემენტები შეიძლება იყოს მსგავსი ან განსხვავებული; მსგავს ელემენტებს აერხიანებს კვბის ყველა სიმეტრიის ღერძები: L_4 აერხიანებს ერხიან რახნაგებს, L_3 - სამწახნაგა წვეროებს, ხოლო L_2 - ურხიანეპარაღელიწო წიბოებს. ასევე ღერძებს ურხიანეპენ ბ ი მ რ ღ ა რ უ ღ ღერძებს, ასეოთა L_4 ნახ.11.9.ა-ზე, რომელიც აერხებს ურხიანემსგავს წვე -

სიმეტრიული გარდაქმნები, რომლებიც ორი მარტვი გარდაქმნის ურთიერთ-
 მუდამს გულისხმობს. მაგალითად, მიმართება რაიმე სიმეტრიის ღერძის გარშე-
 მი და ინვერსიონა, ან მიმართება და არეკვლა ღერძის მარჯვ-სა-მარცხენა. ამ
 დომეტრიული გარდაქმნების შედეგად წარმოიქმნა სიმეტრიის სამედიცინო



ნახ. 11.11. სამკუთხედიანი ფორმის ორი წახნაგი, ურთიერთგააკვებირ-
 ბული ინვერსიის ცენტრით



ნახ. 11.12. ამორფიის (ა) და ჰემა-
 შიის (ბ) კრისტალურ ინვერსიის
 ცენტრი აქვს. შეფერილობის კრისტალს
 (გ) ინვერსიის ცენტრით არა აქვს

ვლენებები, რომლებსაც *ინვერსიის* და *არეკვლის* ღერძებს უწოდებენ. ზველებრივი სიმეტრიის ღერძების ანალიტიკურად ეს ღერძებიც ვლენ-
 მენტრული მიმართების კუთხის მიხედვით შეიძლება იყოს პირველი, მეორე, მესამე
 და მეექვსე რიგის. განვიხილოთ ინვერსიის ღერძი.

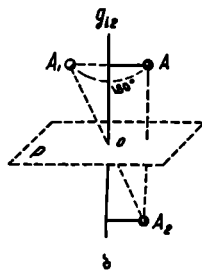
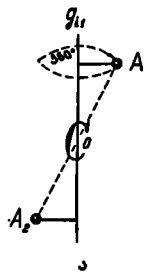
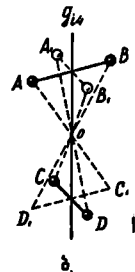
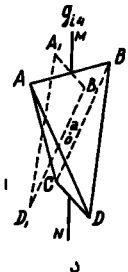
ინვერსიის ღერძის გარშემო კრისტალის
 წიტილი *ინვერსიის* (და *არეკვის*) და *შემა-
 რად-არეკვის* და *ინვერსიის* ცენტრალურ წერტილებში
 რკტორც ინვერსიის ცენტრში, იგი *ინვერსიის*
 და *არეკვის* (მომართება) მიმართება
 წამებურად განმარტება ასეთი შედეგება კრისტალის 360°-ით მიმართების
 შედეგად, იმ რიგის იქნება ინვერსიის ღერძით.

ინვერსიის ღერძებს აღნიშნავენ იმავე ასოებით, როგორც სიმეტრიის ღერძებს,
 მხოლოდ უმატებენ ინდექსს *i* (ინვერსიონა) — L_i ან S_i . აქვინა *წიტილი* გან-
 ვასხვავთ ურთმანეისაგან სიმეტრიის და ინვერსიის ღერძში, მივიღოთ აღნიშვნა
 S_i . ღერძის რიგს აღნიშნავენ შესაბამისი ფიგურის მარჯვნივ ვკვითხ, მაგალითად,
 S_1, S_2 და ა.შ.

მეორე ასევე ღერძებს აღნიშნავენ რიგის შესაბამისი რიგებით მკვითხ ხაზ-
 კუსით $\bar{2}, \bar{3}$ და სხვ.

ინვერსიის ღერძის მაგალითად ავიღოთ ნახ. 11.13-ზე მოცემული ომბახნაგა
 კრისტალის მოგვლი: AB და CD წიტილებს ურთიერთგააკვებირი მარჯობი
 მიმართება აქვს. გაუგაროთ მათ ცენტრებში განავალი MN ღერძი. აქვინი
 წარმოსადგენია, რომ ეს ღერძი იქნება მეორე რიგის სიმეტრიის ღერძი (L_2),
 რადგან მის გარშემო *წიტილი* ვამართვით მოგვლი, ყოველი 180°-ით მიმართების შედეგად
 შედეგებად მათის მათს, ომბახნაგა რომ შემივამართვით აღნიშვნი ღერძის
 გარშემო მხოლოდ 90°-ით, მხარისა არ შედეგებად საწყისი მდგომარებად, რადგან
 AB წიტილი გაუაქვებირდება A_1B_1 მდგომარებად და ABD წახნაგი მიიღებთ
 $A_1B_1D_1$ მრინეყვინის, ხოლო C და D წერტილები გაუაქვებირდება C_1

րա D_1 սպրդվածը (ճան: 11.13 Ն), և մոճրճանին շեմքը համ մոլանքոնոս
 ունենանայոն արշւրլա 0 Բրճրլոն (հոտոհոյ ճնշրհոնոն լընհրոն), յրոնհլորո
 ոնշը շղոնշընքննա սաճոնոն մրթոմարոնոն, հաքոն A Բրճրլոն, զաքոնքրլը-
 ձրոն A_1 Բրճրլոն, մոճրճաննոն ճնշրհոնոննոն շղոնշընքննա սաճոնոն զաքոն
 D Բրճրլոն, $B-C$ -ն, ուրոն C զաքոն $A -$ նո, քո $D-B$ - նո: Ուրոն
 հոն մոլանքոնոն 90° -ոն քո սրշրլոն 0 Բրճրլոն, ոն ոնշը շղոնշընքննա Բոն
 որոնշընքննոն քո մաճոնսքոննա մոլըն 360⁰-ոն մոճրճաննոն շղոնշընքննա
 հոնշընքննա զո-
 մըրոննոն Բոն որոնշընքննոն, մաճոնսքոննա, յոն լըրոն մըրոն հոնոն ճնշր-
 հոնոն լըրոն ցրոն (\hat{G}_4) քո սնաշը քոն մըրոն հոնոն սոնշրոնոն լըրոն:
 զոնշրոնոն ճնշրհոնոն լըրոննոն մոլնքննա հոնոննոն սաճոննոնքոննոն:



ճան: 11.13. մըրոն հոնոն ճնշր-
 հոնոն լըրոն (\hat{G}_4) ունենանայոն
 յրոնհլորոն

ճան: 11.14. յրոնշընքննա քո
 մըրոն հոնոն
 ճնշրհոնոն լըրոննոն մոլնքննա
 սղոննա

յրոնշընքննա հոնոն ճնշրհոնոն լըրոն (\hat{G}_1) ոնշընքննա լըրոն, հոնոն զոնշրոն
 յրոնհլորոն հոն մըրոնշընքննա 360⁰-ոն քո մըրոնք մոլանքոնոն արշւրլա ոն լընհրո-
 լըր A Բրճրլոն (հոտոհոյ ճնշրհոնոն լընհրոն), ոն մըրոնքննա սաճոնոն որոնշընք-
 նոն. սնաքոն, հոն ցրոն մրճոնքննա 360⁰-ոն մոճրճաննոն շղոնշընքննա մոլըն
 սաճոնոն մրթոմարոնոն, յ.ո.ն: մըրոնշընքննա յրոնհլորոն մրթոմարոնոն ար լըրոն,
 սոն մըրոնքննա շղոնշընքննա ցրոնքննա սաճոննա սաճոննա, յոն ոննոն ոննաճըն
 հոն մոն սղոն ճնշրհոնոն լընհրոն քո մաճոնսքոննա \hat{G}_1 - ոն մոլնքննա ոնշընքննա,
 հոն C - ոն մոլնքննա (ճան: 11.14 ա).

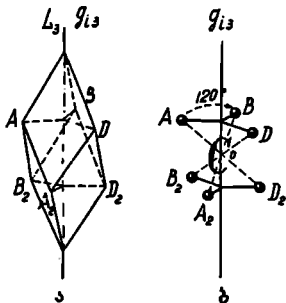
մըրոն հոնոն ճնշրհոնոն լըրոն (\hat{G}_2) մըրոնքննա մըրոնքննա ոն մարոնշը-
 լըր զոնշրոննա սոնշրոնոն սոնշրոն. ճան: 11.14 Բ-մը մոլնքննա \hat{G}_2 - ոն մոլ-
 նքննա շղոնշընքննա յոն A Բրճրլոն զաքոնքրլընքննա A_1 մրթոմարոնոն
 (180⁰-ոն մոճրճաննոն շղոնշընքննա) քո մըրոնքննա լընհրոն արշւրլոն ոն A_2 Բրճրլոն
 մըրոնքննա: ոնշընքննա զոնշրոննա մոլըն, շղոն A Բրճրլոն սրշրլոն P
 սոնշրոն, հոն \hat{G}_2 լըրոննա մարոնշընքննա.

մըրոն հոնոն ճնշրհոնոն լըրոն (\hat{G}_3) մոլնքննա (ճան: 11.15) մըրոնքննա
 մըրոնքննա մըրոնքննա հոնոն սոնշրոնոն լըրոննա քո ճնշրհոնոն լընհրոն սաճոննոն
 մոլնքննա. (L_3 - ոն մոնարշընքննա յոնշընքննա \hat{G}_3 - ոն մոնարշընքննա),
 մարոնշընքննա, A Բրճրլոն L_3 լըրոննա մոլնքննա զաքոնքրլընքննա B Բրճրլոն

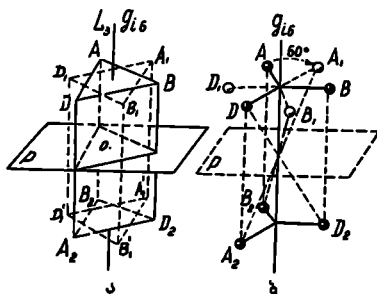
და შემდეგ 0 წერტილში ინვერსიონის შედეგად გაპავა A_2 წერტილში. ამავე ტიპის B წერტილი გაპავა B_2 -ში, $D-D_2$ -ში და მთელი სხვაეტი შეუთავსებდა ავთის ავსს.

მეოთხე რიგის ინვერსიის ღერძი, როგორც პავინახვთ, არ შეიძლება შეიყვაროს სხვა რაიმე სიმეტრიული ტარპაქმნიო. მრავალხანხავს, რომელსაც აქვს მეოთხე რიგის ინვერსიის ღერძი, ინვერსიის ეწმტრი არა აქვს. σ_4 ღერძის მიმარბელება ყოველთვის ემხებევა L_2 -ს, მაგრამ ეს იმას არ ნიშნავს, რომ ყოველი L_2 იყოს ამავე ტრის σ_4 , ჟუნაყ მრავალხანხავს არ აქვონებს ინვერსიის ეწმტრი. მაგალითად ნახ. 11.9 ბ-ზე მოყმულია კრისტალი, რომელსაც აქვს L_2 და არა აქვს არც ინვერსიის ეწმტრი და არც ინვერსიის ღერძი.

მეექვსე რიგის ინვერსიის ღერძის მოქმედებით კრისტალი რომ ავთის ავსს შეუთავსებს, ჯერ უნდა მოვამზუნოთ იგი 60° -ით და შემდეგ ავრჯიკოთ 0 წერტილში როგორც ინვერსიის ეწმტრი (ნახ. 11.16 ბ). ამ მოქმედებების შემდეგ A წერტილი ჯერ ტაპაპტილებდა A_1 ნიკომარეობაში და შემდეგ A_2 - ში. ამავე ტიპის B წერტილი ტაპაპა B_2 - ში, $C-C_2$ -ში და ა.შ; იგივე შეთავსებას მივიღებთ, ჟ სხვურს მოვამზუნებთ არა 60 , არამე 120° -ით და შემდეგ ავრჯიკოთ სიმეტრიის ღერძის მარბობ P სიმტყეში. მაშასტამე, σ_6 მოქმედება შეიძლება შეიყვაროს L_3 და P მოქმედებებით, სტაყ $P \perp L_3$. მეექვსე რიგის ინვერსიის ღერძის მოქმედების სადუსტრადიკო ავილოთ სტრი სამხანხავა პრიბმა



ნახ. 11.15. მესამე რიგის ინვერსიის ღერძის (σ_3) მოქმედება იგივეა, რაც L_3 ღერძის და ინვერსიის ეწმტრის ანნიმტიკომბიო მოქმედება



ნახ. 11.16. მეექვსე რიგის ინვერსიის ღერძის (σ_6) მოქმედება იგივეა, რაც L_3 ღერძის და სიმეტრიის სიმტყის ანნიმტიკომბიო მოქმედება

(ნახ. 11.16 ა). ვრჯიკალური ღერძის ტარშეში პრიბმა 60° -ით რომ მოვამზუნოთ, A_2DBD_2 ხანხავი მიიღებს $D_1D_1B_1B_1$ ორიენტაციას და 0 წერტილში არჯიკის შედეგად ტაპაპა ABD_2B_2 ნიკომარეობაში. ტანარკური ხანხავების შესაბამისი ტაპაპტილებით პრიბმა შეუთავსებდა სტყის ნიკომარეობას. ასეოთ დომეტრიული ტარპაქმნიო ტანმეორება 6-ჯერ, კრისტალის 360° -ით შემომზუნების შედეგად... მაშასტამე, ვრჯიკალური ღერძი არის მეექვსე რიგის ინვერსიის ღერძი და შეიძლება შეიყვაროს L_3 ღერძით (რომელიც ემხებევა σ_6) და P მარბობი სიმტყით:

აღსანიშნავია, რომ იმ კრისტალებს, რომლებსაც აქვთ ინვერსიის ღერძი, არა აქვთ ინვერსიის ცენტრი.

ამდგარად, ტანხილური ინვერსიის ღერძები შეიძლება შევყავარო სიმჭვრისის შემდეგი ელემენტებით:

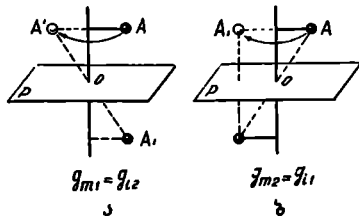
$$\begin{array}{l} \sigma_{i_1} = C \\ \sigma_{i_2} = P \\ \sigma_{i_3} = L_3 C \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} \sigma_{i_4} \text{ არ შეიყვება} \\ \sigma_{i_5} = L_3 P \text{ (სადაც } P \perp L_3) \end{array} \right.$$

ტანხილვით არეკვლის ღერძები, რომლებიც ინვერსიის ღერძების მსგავსად წარმოადგენენ სიმჭვრისის წრივ ელემენტის შემსაქამებელი გარდაქმნის შესაბამის ელემენტებს.

არეკვლის ღერძის ტარებები რომ მისაძებრებენ კრისტალის (ტარკვეური კუბით) და შეიმდგება არეკვლის ტარების მარტობის სიმჭვრებით, იგი შეეძლება დაეყვანოს დაეყვანოს.

არეკვლის ღერძი აღნიშნულია σ ასოთი 777 ინდექსით (777 სიმჭვრისის სიმჭვრეში არეკვლის მარტებზედგება), ღერძის რიგი აღნიშნება შესაბამისი ყოფრით. მაგალითად, σ_{772} არის მეორე რიგის არეკვლის ღერძი, (ბოლოვარ ამ ღერძებს აღნიშნავენ S ინდექსით ან ღერძის რიგის შესაბამისი ყოფრით ბევრთ 0 ნიშნით, მაგალითად σ_{52} ან σ_2^2).

ყველი არეკვლის ღერძის მოქმედება შეიძლება შეიყვაროს ინვერსიის ღერძის მოქმედებთ. ასე, მაგალითად, ნახ. 11.17-ზე უხედავ პირველი რიგის არეკვლის ღერძის მოქმედების შეყვარება მეორე რიგის ინვერსიის ღერძის მოქმედებთ, ხოლო მეორე რიგის არეკვლის ღერძის მოქმედების შეყვარება პირველი რიგის ინვერსიის ღერძის მოქმედებთ; საბოლოოდ ყველა ღერძის შესაბამისი შეყვარება მოყვარულია დაშვარა 11.1-ზე.



ნახ. 11.17. არეკვლის ღერძი σ_{m_1} (ა) და σ_{m_2} (ბ) შეიძლება შეიყვაროს ინვერსიის ღერძებთ— σ_{i_2} და σ_{i_1}

რადგან არეკვლის ღერძები შეიძლება შევყავარო ინვერსიის ღერძებთ, რომლებიც შემდგომში სიმჭვრისის სახეების დასაყვარად იქნება ტანხილვითი, ამიტომ არეკვლის ღერძებზე აღარ შევტყვარებთ.

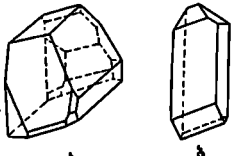
ტ ა მ ა რ ა 11.1

არეკვლის ღერძები	შემყვარული ინვერსიის ღერძები
σ_{m_1}	$\sigma_{i_2} = P$
σ_{m_2}	$\sigma_{i_1} = C$
σ_{m_3}	$\sigma_{i_5} = L_3 P$
σ_{m_4}	σ_{i_4}
σ_{m_5}	$\sigma_{i_3} = L_3 C$

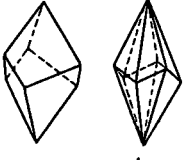
ამრიგად, დასრულებული მრავალწახნაგებისათვის ჩვენ დავუსვ სურ სიმეტრიის 7 სხვადასხვა ელემენტი: P, C, L_2, L_3, L_4, L_6 და G_i , დაუსრულებული ფიგურების სიმეტრიის ელემენტებს ქვემოთ განვიხილავთ.

§ 11. 2. ასიმეტრია და ანთისიმეტრია

ასიმეტრიის ცულისხმობს რასაც სამგანმარტობიანი სხეულის არასიმეტრიულობას. მრავალწახნაგა არასიმეტრიულია, როდესაც მას სიმეტრიის არც ერთ ელემენტი არ აქვს, გარდა პირველი რიგის სიმეტრიის ღერძისა (ნახ. 11.18). ასიმეტრიული სხეული არ გაიყოფა ისეც არცაა მანძილად, რომელიც შეუთავსებდა ერთმანეთს სიმეტრიული გარდაქმნებით. დასაშვებია ისეც სიმეტრიული მრავალწახნაგის არსებობა, რომელიც შედგება ასიმეტრიული წახნაგებისაგან: ასეც ნაკვეთებს ან მხოლოდ სიმეტრიის ღერძები აქვს და არც ერთ სიმეტრიის სიმბოლო არ აქვს (ნახ. 11.19ა), ან აქვს სიმეტრიის სიმბოლოები, რომლებიც გაივიწყნა მხოლოდ კრისტალის ნიშნებზე (ნახ. 11.19 ბ).

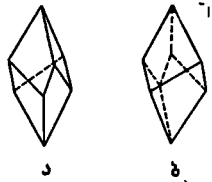


ნახ. 11.18. ასიმეტრიული მრავალწახნაგები



ნახ. 11.19. სიმეტრიული მრავალწახნაგები ასიმეტრიული წახნაგებით

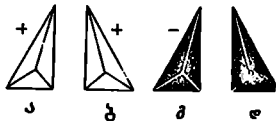
ანთისიმეტრიის ცნება შემოღებულია განმარტებითი საბჭოთა კრისტალოგრაფის ა.ვ. შუბნიკოვის მიერ, რომელმაც განამარტადა სიმეტრიის კლასური სწავლება სარკისებურ ტოლ სხეულებზე, ე.ი. იმ სხეულებზე, რომლებზეც ერთმანეთის სარკინაობიდან შეიქმნებიან ხასიათდებიან (დაკვეთის და უარყოფითი, ან ღებრ და მათ ტოლ სხეულებზე, ნახ. 11.20). ანთისიმეტრიის მახასიათებელია ა.ვ. შუბნიკოვის მოწვევას წყლის წვეთი პატრში და მისი ტოლი პატრის ბუშტული წყალიში, ერთი და იგივე სადნის ნეტაფორი და პოზიტივი ფოტოგამისახელება, ფანჯრიკისა და ქანჩის ბრახნი და სხვ. ანთისიმეტრიულია ცულისხმობს ნაკვეთების ომბეჯარ ტოლობას და არა ორგანოს, რასაც უშვებს სიმეტრიის კლასიკური მოძღვრება.



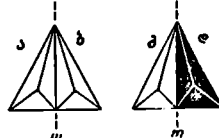
ნახ. 11.20. მარჯვენა (ბ) და მარცხენა (ა) ტრიკონური ტრავალეგარნი

შევადაროთ ურთმანუსის ნახ.11.21-ზე მოყვანილი ოთხი ნაკვეთი. ყოველი მათგანი წარმოადგენს ცარიელ ასიმეტრიულ ოთხწახნაგას (ტეტრაედრს), რომელიც დაგებულია ურთმანოსიანი კონუსის მიხედვით, რომელიც ურთი მხრიდან ზედიზედ გვიწყობს, ხოლო მეორე მხრიდან მართალია. ამგვარად, ზედიზედ ტეტრაედრებს (ა და ბ) აქვთ მათი საზღვარი, ხოლო მათ ტეტრაედრებს (გ და დ) — ზედიზედ. პირველია ჩვეულებრივ ზედიზედ ტეტრაედრები დაგებულია, ხოლო მათგან — ურთმანოსიანი. კლასიკური სიმეტრიის არ გულისხმობს ზედიზედ და მათი ნაკვეთების გეომეტრია, მაშინ როდესაც სიმეტრიის განმარტებული ცენტრები დაშვებულია ანტიგეომეტრია. მანუსალში, მოყვანილი ოთხ ტეტრაედრს ც-რის დასაშვებია: 1) მუთავსებრი ოთხ (ა) ან ოთხ (ბ) ან სხვა ურთმანოსი, 2) საკონუსური (ა) და (ბ) ან (გ) და (დ) ტეტრაედრების გეომეტრი და ამავე ოთხს 3) მუთავსებრი (ა) და (გ) და 4) საკონუსური (ა და ბ) ტეტრაედრების ანტიგეომეტრი (ნახ.11.21).

ანტიგეომეტრიისა და კავშირებით ჩვეულებრივ სიმეტრიულ ტეტრაედრებს უნდა დაუწოდოთ ანტიასიმეტრიული ტეტრაედრები, რომლებიც გულისხმობს მრუდვასა და არკვევასთან ურთმანოსიანი გეომეტრიის ნიშნის შეცვლას. ასევე სიმეტრიის ელემენტებია: სიმეტრიის ანტიასიმეტრია, სიმეტრიის ანტიგეომეტრი და ინვერსიის ანტიგეომეტრი.



ნახ.11.21. ოთხი ურთმანოსიანი ასიმეტრიული ტეტრაედრი



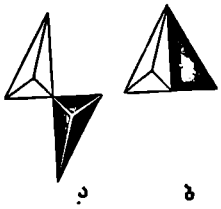
ნახ.11.22. ოთხ სიმეტრიის სიმეტრია, ოთხ სიმეტრიის ანტიასიმეტრია

სიმეტრიის ანტიასიმეტრია (a) ნაკვეთებია ნახ.11.22 ბ-ზე. ამ სიმეტრიაში არკვევის შედეგად ურთმანოსიანი ტეტრაედრი (ბ) მუთავსებრი დაგებულია ტეტრაედრის (ა), ე.ი. ნაკვეთი არკვევასთან ურთმანოსიანი გეომეტრიის ნიშნის.

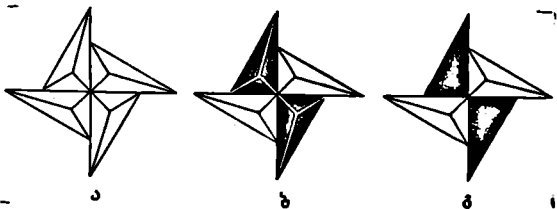
სიმეტრიის ანტიგეომეტრიის არსებობა გულისხმობს ნაკვეთის სათანადო კონსტრუქციის შედეგად მუთავსებრი და ამავე ოთხს ნიშნის შეცვლას. ნახ.11.23-ზე მოყვანილია მეორე რივის სიმეტრიის ანტიგეომეტრიის მოყვანება. ოთხ ასიმეტრიული და ანტიგეომეტრიული ტეტრაედრები რომ შემოკავშირდნენ 180-ის (ნახ.11.23) სიმეტრიის სიმეტრიაში (ბ) მუთავსებრი ტეტრის ტეტრის, ისინი მუთავსებრიდან საინვარტიანტის ნიშნის ტეტრაედრს.

ნახ.11.24-ზე მოყვანილია მეორე რივის სიმეტრიის ტეტრის (ა), სიმეტრიის ანტიგეომეტრიის (ბ) და სიმეტრიის საკონუსური ანტიგეომეტრიის (გ) მოყვანება. ტეტრაედრები ყოველი 90-ის მომრუდების შედეგად (ნახ.11.24 ა), ან ემბოდებრივ ტეტრის ტეტრის (ნახ.11.24 ბ), ან ემბოდებრივად ნიშნის შეცვლით (ნახ.11.24 გ), მომრუდებისა და მრუდების ტეტრის მართობი სიმეტრიაში არკვევის შედეგად ნიშნის შეცვლით. ეს კი იქნება სიმეტრიის საკონუსური ანტიგეომეტრიის მოყვანება (ნახ.11.24 დ).

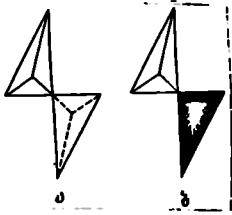
ინვერსიის ანტიკენტრის არსებობა გვიხსნის სხეულის ინვერსიის ცენტრში არეკვლის შედეგად ბეჭავებასთან ურთავ ნიშნის შეცვლასაც (ნახ. 11.25 ბ).



ნახ. 11.23. მეორე რიგის სიმეტრიის ანტიღერძი, ა-ღერძი მიმარჯვლია ნახაბის სიმეტრიის მარჯობლად; ბ-ღერძი განლაგებულია ნახაბის სიმეტრეში



ნახ. 11.24. ტეტრაედრების განლაგება მეოხე რიგის სიმეტრიის ღერძების (ა-სიმეტრიის ღერძის, ბ-სიმეტრიის ანტიღერძის, გ-სიმეტრიის სარკისებური ანტიღერძის) მიმართ

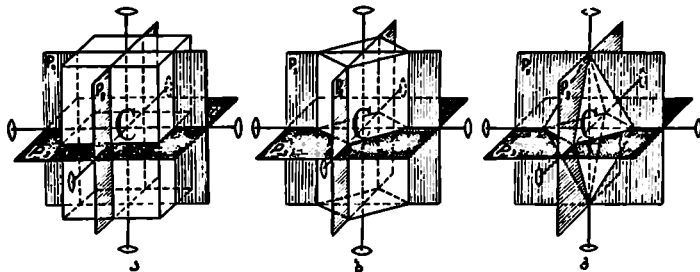


ნახ. 11.25. ტეტრაედრების განლაგება: ა-სიმეტრიის ცენტრის მოქმედების შესაბამისად, ბ-სიმეტრიის ანტიკენტრის მოქმედების შესაბამისად

§ 11. 3. სიმეტრიის მუდმივების მართობლიობა

ფიველ კრისტალს ახასიათებს სიმეტრიის ელემენტთა გარკვეული ერთობლიობა: კრისტალში შეიძლება იყოს სიმეტრიის ნაბოლო ერთი რომელიმე ელემენტი ან რამდენიმე ერთად, ურთიერთაკავშირებული გარკვეული გეომეტრიული კანონები. მრავალნახნავეებს, მიუხედავად განსხვავებული ფორმებისა, შეიძლება ერთნაირი ხასიათის სიმეტრიის ელემენტების ერთი და იგივე რაოდენობა ჰქონდეთ მაგალითად, მარჯვება მარალუკიშეებს, რომელი კვეთის პრიზმის და ასევე კვეთის მეორე კრისტალში პირამიდის (ნახ: 11.26) აქვს სამ-სამი სიმეტრიის სიმეტრე (3P), სამ-სამი მეორე რიგის სიმეტრიის ღერძი (3L₂) და ინვერსიის ცენტრი (C), მაშასადამე, მოყვანილ სამ მრავალნახნავეს (კრისტალს) აქვს სიმეტრიის ელემენტთა ერთნაირი ერთობლიობა, რასაც სიმეტრიის ს ა რ ი ს ს ა ან სიმეტრიის ს ა ბ ე ს ურთებენ

სიმეტრიის ურთიერთ ხარისხი აქვს კუმს, იქცეაგრს და სხვა მრავალ კრისტალს. სიმეტრიის ურუმენტთა ურთობლიობის მიხედვით მუნიბაში არსებული ყველა კრისტალი შეიძლება დაუჯდეთ და მივიღოთ 32 ჯდუთი ან კლასი, რომლებშიც გაურთინებული ურთიერთ ხარისხი სიმეტრიის მქონე მრავალწახნაგები. მუნიბაში არსებული ყველა კრისტალი სიმეტრიის ურუმენტთა ურთობლიობის მიხედვით აკლავდება მიკუთხუნება ურთობ კლასს ამ თვალსაზრისით.

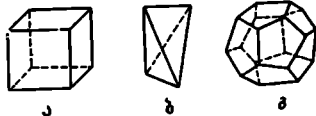


ნახ. 11.26. ურთობ და იგივე სიმეტრიის ხარისხი ($3P, 3L_2, C$) მქონე სამი მრავალწახნაგა

§ 11. 4. მარტივი ურთობი და ურთობი

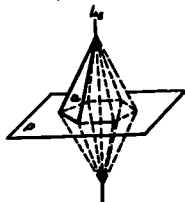
წახნაგთა ფორმების მიხედვით კრისტალები შეიძლება იქცეოდნ დაუყოფი დაუყოფი ურთობი იქცეოდნ მრავალწახნაგები, რომლებშიც ურთობი ფორმისა და მიზნის წახნაგები არიან შემოფარებული, ხოლო მქონე ჯდუთში—სხვადასხვა მიზნის წახნაგების მქონე კრისტალები. პირველი ჯდუთის მრავალწახნაგთა სამი წარმო-მადგენელი მოყვებულია ნახ.11.27-ზე. ასევე: კუმს, რომელსაც კუბურის ფორმის ურთობი ფორმა წახნაგე აქვს, ფორმები, რომელსაც თხი ფორმისა სამკუთხედის ფორმის მქონე ფორმა წახნაგე აქვს და ურთობი მოყვებული, რომელიც წარმოადგენილია ფორმის ფორმა ხუთკუთხედის ფორმის წახნაგებზე. მქონე ჯდუთის მრავალწახნაგები მოყვებულია ნახ.11.18, 11.26 და 11.36-ზე. აქ გამო-სახული მრავალწახნაგები წარმოადგენილია ურთობი წახნაგების რამდენიმე კომპლექსით. ასე, მაგალითად, ნახ.11.26-ზე მოყვებულია იგივე ურთობი კრისტალი (ა) და (ბ), მაგრამ პირველი მუნიბაში, კრისტალზე ფორმა მხოლოდ ურთობი-მარტივი წახნაგები (ე.ი. დეკაედრის სამი მუნიბი ფორმა წახნაგებისა), ხოლო მქონე მუნიბაში—თხი ურთობი წახნაგე და იგივე პირთორმეკუთხედი. პირველი ჯდუთის მრავალწახნაგების ურთობი მ ა რ ტ ი ვ ი თ ე მ ი ბ ს, მქონე კი მარტივი ფორმების კ მ მ ი ნ ა ყ ი ა ს.

მ ა რ ტ ი ვ ი თ ე მ ი ბ ს მუნიბაში სიმეტრიის ურუმენტთა ურთობი-დაუყოფილებული ფორმა წახნაგებისაგან, ეს ნიშნავს რომ, ეს მოყვებულია მარტივი ფორმის მხოლოდ ურთობი წახნაგე და იგივე ამ ფორმის დაწინააღმდეგელები 'ურთობი ურუმენტთა ურთობიობა, შეიძლება აუთავსებელი მარტივი ფორმა ყველა შესაძლებელი წახნაგით! ასე, მაგალითად, მოყვებულია იგივე მარტივი ფორმის წახნაგე (ნახ:11.28), რომელსაც უნდა მუნიბაში მუნიბაში რიგის სიმეტრიის

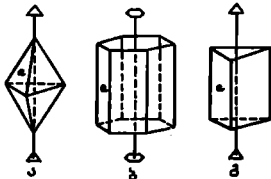


ნახ. 11.27. რახურჯი მარჭივი
 ფორმები: ა-კუბი (ქუქსაქერი),
 ბ-ტეტრაედრი, გ-პენტაგონედაედრი

ღერძი და მისი მარჯობური სიმჭერიის სიმჭყე. \mathcal{Q} ნახნავს აქვს ჭოღერძა სამკუხეხეის ფორმა და იგი რახნრილია \mathcal{L}_6 ღერძის მიმართ ისე, როგორც ეს აღწინაურლი: ნახ. 11.28-ბე-ცხადიკლადიუბელი მარჭივი ფორმა უნდა შედგებოდეს მოკუბური \mathcal{Q} ნახნავის ჭოღი ნახნავებისსაგან, რომელიც ურემანეჯაან უნდა იკუვინ კაკუბირებული მოკუბური სიმჭერიის ელემენტებით (\mathcal{L}_6 და \mathcal{P}). მარჭივი ფორმის ასადებაპ ჩავაჭაროხ შემიდგი სიმჭერიკვი გარდაქმნები: რაკვი არსე-ბობს \mathcal{L}_6 , ეს ნიშნავს, რომ მის გარშემო ყოველი 60° -იხ მობრუნებისას



ნახ. 11.28. მარჭივი ფორმის ყველა ნახნავის გაბოყვანა, რომელსაც მოკუბური ნახნავი და სიმჭერიის სახე (\mathcal{L}_6 და $\perp \mathcal{P}$)



ნახ. 11.29. ა-სამწახნავა ბიპირამიდი, ბ-ექვსწახნავა პირამიდა, გ-სამწახნავა პირამიდა

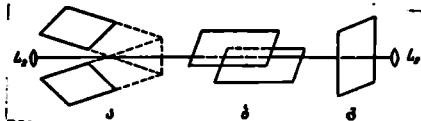
სადიუბელი ფორმა უნდა ენახევიოდეს ლავის ლავს, ე. ი. 360° -იხ მობრუნების შედეგად \mathcal{Q} ნახნავი ექვსკუბი უნდა შეუჯავსდეს სანყის ნიგომარეობას, რაც მოკუბულს ექვსწახნავა პირამიდას. მიერეს მხრივ, რადგან ასადებ მარჭივი ფორმას უნდა გააჩნდეს კიდე \mathcal{L}_6 -ის მარჯობი სიმჭერიის \mathcal{P} სიმჭყე, ამიგომ უნდა არსეზობდეს მიერე ექვსწახნავა პირამიდა, განკადებული პირველი პირამიდას საწინააღმდეგი მიმარჯულიბიხ. მაშასადამე მივიღებოხ ზორმეწახნავა გარემებუ პირამიდას, რომელსაც ბ ი ვ ი რ ა მ ი დ ა ს უნოდეზინ.

\mathcal{L}_3 ღერძის მათეკრაპ რომ ყოჭოლიყო მოკუბური \mathcal{L}_3 ღერძი, ანალიკიური მსკუბობის შედეგად მივიღებოხ სამწახნავა ბიპირამიდას (გარემებუ სამწახნავა პირამიდას, ნახ. 11.29 ა). მოკუბური \mathcal{Q} ნახნავის მიმარჯულიბა რომ ყოჭოლიყო სიმჭერიის ღერძის პარალელიური, იმავე მსკუბობიხ მივიღებოხ პირველი შემხვევაში ექვსწახნავა პირამიდას, ხოლო მიერე შემხვევაში-სამწახნავა პირამიდას (ნახ. 11.29 ბ და გ).

მარჭივი ფორმებს შეიძლება ქუნიდეს ურეი; ირი და მიჭი ნახნავიყ. ნახნავების რაოდენობა რამოკიდეულია ქრისტალიზე არსებული სიმჭერიის ხარისხზე მაკალიკონსაჯის გავარჩიოხ ისეიხ შემხვევა, როდესაც მოკუბური გუაქვს მხოლოდ ურეი სიმჭერიის ელემენტი - \mathcal{L}_2 . ამ შემხვევაში შესადიუბელი მარჭივი ფორმები იკუვინა ურესაპ ირწახნავოვანი იმისსა მიხედვიოხ, ლე როგორია მოკუბური ნახნავის ირინეჭაყია სიმჭერიის ღერძის მიმართ.

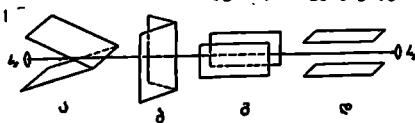
მისგან შემდგენვევაში წახნაგი ღერძის მიმართ შეიძლება განლაგებული იყოს მარცხენა, პარალელურად ან პახრიკად (ნახ.11:30). L_2 ღერძის მოქმედების საფუძველზე, პირველი შემთხვევაში წახნაგი არ განმეორდება, იგი შეუცვლად შედის ავტოს, ხოლო მეორე და მესამე შემთხვევაში უნდა გაკვეთილი იქნას წახნაგების არსებობაზე ურთიერთ პარალელურად ან ურთიერთ პახრიკ მდებარეობაში.

ერეწახნაგა მარტივი ფორმის უნდა იქნას (მეორეული სივრცე-დან—მოწი—ურთი, ხოლო უკრა—წახნაგი), ორწახნაგას კი g n g p s (დი—ორი) ან წახნაგები ურთიერთპარალელურია, მაშინ მათ უნდა იქნას g n g p s (უნიკალური დი—ორი). გარდა ამ სამი ფორმისა, პარალელური და პახრიკი



ნახ.11:30.წახნაგის შესაძლებელი განლაგება L_2 ღერძის მიმართ: პახრიკი (ა), პარალელური (ბ) და მარცხი (გ)

წახნაგების საფუძველზე უნდა იქნას ორ—ორი უკრა ორიენტაცია. ღერძის პარალელურ მდებარეობაში წახნაგები შეიძლება იყოს ან ურთიერთპარალელური (ნახ.11:31.ა და ბ), ხოლო პახრიკი მდებარეობაში ამ წახნაგების გაკვეთების წინა შეიძლება იყოს ან პირიპირადად, ან ურთიერთპარალელური (ნახ.11:31.ა და ბ).
























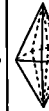
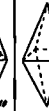






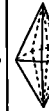
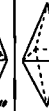







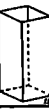







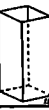












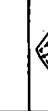




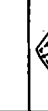






















ნახ.11:31. წახნაგების განლაგების შესაძლებელი უკრა შემთხვევები L_2 ღერძის მიმართ

ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია სიმეტრიის ურთიერთობის გველა შემთხვევის საფუძველზე განვიხილოთ გველა შესაძლებელი მარტივი ფორმის, რის შედეგადაც სულ მივიღებთ 47 ურთიერთობის განსხვავებული ფორმის (იხ. ტაბულა 11:2). ამ ფორმების სახეობის განსაზღვრებას გავერთხილებით მეორეულია ორი შემთხვევაზე:

მოწი	-	ურთი	უკრა	-	წახნაგი
დი ან ბი	-	ორი	ფორმა		კუბი
ფორ	-	სამი	პინაკს		ფორმა
ფორ	-	ორი	ფორმა		ორი კუბი,
პინაკს	-	ხუთი			ორი კუბი
პინაკს	-	ექვსი			ორი მეორეული
სეპტი	-	შვიდი			ფორმა კუბი
ოქტი	-	რვა	სკალენა		სხვადასხვა ფორმა
ნონა		ცხრა			სამკუბი
დეკა		ათი	კონი		პახრი
ჰექსა	-	თორმეტი			

ՅԱՆՏՈՒՄ ԳՐԱԳԻՏՈՆ. ՃԻՃՆԸ

ԺԱՆՆԱԿ II. 2.

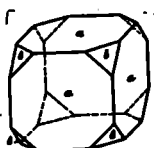
	Յ	Յ	Յ	Մ	Յ	Ճ	Ո				
								ՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՄՄՄՄՄՄՄՄ	
ՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅՅ				
								ՅՅ	ՅՅ	ՅՅ	
								ՅՅՅՅՅ- ՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅ- ՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅ- ՄՄՄՄՅՅՅՅ	
											
								ՅՅՅՅՅ- ՅՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅ- ՅՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅ- ՅՅՅՅՅՅՅՅՅ	
											
ՅՅՅՅՅՅՅՅ								ՅՅՅՅՅՅՅ- ՅՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅ- ՅՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅ- ՅՅՅՅՅՅՅՅՅ	
											
							ՅՅՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅՅ- ՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅՅ- ՅՅՅՅՅՅ	ՅՅՅՅՅ- ՄՄՄՅՅՅՅ	
											
											

პირამიდების, ბიპირამიდების, პრიზმების, ტრაპეკოედრების, სკალენოედრ-
 ბის და ტეტრაედრების სასახლეებისაგვის საჭიროა სახელს წინ დაუმატოს კუთხის
 ფორმა, მაგალითად, I ფორმა იქნება რიზმული პირამიდა, მე-9 იქნება ტრიკონული
 ბიპირამიდა, მე-17—ბიკონული პრიზმა, 24—ტეტრაედრული ტრაპეკოედრი,
 29—ბიკონული სკალენოედრი და ა.შ. 12-წახნაგა ფორმა იქნება ბიკუბი-
 რი ან ტრიკონური (სამკუთხედიანი), მაგრამ რაგან ასეავე რამდენ-
 ნიშნა, ამიტომ მათ გასარჩევად წინ უნდა დაუმატოს წახნაგის ფორმის სახელი.
 მაგალითად, რიზმობიკუბური (№ 35) და პენტაგონობიკუბური (№ 36), ე.ი.
 რიზმის ფორმის მქონე ბიკონული წახნაგა (№ 35) და ხუთკუთხედიანი ფორმის მქონე
 ბიკონული წახნაგა (№ 36); ან მაგალითად, ტრიკონ ტრიკონური (№ 39), ტეტრა-
 კონური (№ 40), პენტაგონ ტრიკონური (№ 41) და ა.შ. მაქსიმალური
 რიყბვი წახნაგებისა არის 48 (№ 47) და მას უწოდებენ კუბოსაგვის (კუბუსურ
 რეპრეზენტაციას):

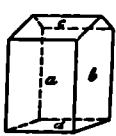
მარტივი ფორმები ტუბუგება სახურული და ღოა. ρ ა ბ ვ რ ე ზ მარტივი
 ფორმა აგვის წახნაგებზე შემოფარტავს სივრცის ყველა მხრიდან. ასეაგბია:
 კუბური (კუბი), კუბური, ტეტრაედრი, ბიპირამიდი და სხვ.

ρ ა მარტივი ფორმა აგვის წახნაგებზე არ შემოფარტავს სივრცის ყველა
 მხრიდან. ასეაგბია: პირამიდი, პრიზმი, ბიპირამიდი, ბიკონური, ბიკონი და პირამიდი.
 კონსტრუქციის მარტივი ღოა მარტივი ფორმის არ შეიძლება იყოს წარმოდგენილი. აქ ავ-
 ყილებულია სხვა მარტივი ფორმის ურთიერთი განვიხარება, ე.ი. ღოა მარტივი
 ფორმები ბინარულიებას ლუბლომენ კონსტრუქციის აგებულებაში მიიღობ კომბინაცი-
 ბი: ასე, მაგალითად, პირამიდასთან ავყილებულია ბიპირამის განვიხარება,
 პრიზმასთან უსალოო საჭიროა პირამიდი, ან ბიპირამიდა და სხვ.

ე მ ბ ე ნ ა ს ურეგულარი ფორმა მარტივი ფორმის ურთიერთ-
 ბას ურთის და იმავე კონსტრუქციის, ე.ი. ურთიერთული ურთიერთული
 რამდენიმე მარტივი ფორმის წახნაგის იმისაგვის, რომ ტავიკოს რამდენიმე მარტივი
 ფორმა. ბინარულიებას ამა ღე იმ კომბინაციში, საჭიროა დაუმატოს რამდენიმე
 სხვადასხვა ფორმის წახნაგის, მაგალითად, ნახ. 11.32-ზე მოყვანილია რი მარტივი
 ფორმის კომბინაცია, ურთიერთული მათგანი შეეგება კუბოს ფორმის წახნაგისაგან (A)
 და ბიკონური-რეა ურთიერთული წახნაგისაგან (B). ნახ. 11.33-ზე მოყვანილია რი მარ-
 ტივი ფორმის კომბინაცია, საში მათგანი რ-რწახნაგა ფორმების (A, B და C),
 ხოლო მეორე ურთიერთული (D). იმისაგვის, რომ წარმოდგენილი კომბინაცი-
 ბი შეეგება მარტივი ფორმა დამოუკიდებელი, საჭიროა წარმოსახვიო ტავიკოდ-
 ღო მისი წახნაგები ურთიერთულიყვეამდე (ნახ. 11.34).

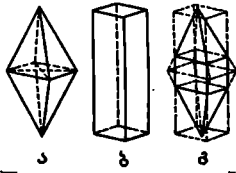


ნახ. 11.32. რი მარტივი ფორმის
 კომბინაცია: A კუბურის წახ-
 ნაგბია, B — კუბურის წახნაგები



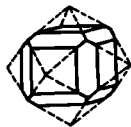
ნახ. 11.33. რი მარტივი ფორმის
 კომბინაცია: A და B პირამი-
 დების, C — ბიკონური, D — ბიპირამი

საფრთხე გვახსოვდება, რომ კრისტალის სტრუქტურის მიხედვით მისი მახასიათებელი ნიშნებიც განსაზღვრულია. ეს ნიშნებიც არის მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული. მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული ნიშნებიც არის მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული. მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული ნიშნებიც არის მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული.



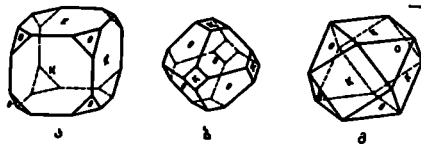
ნახ. 11.34. რომბული კვადრის ბიპირამიდის (ა) და პირამიდის (ბ) კრისტალის (გ)

მხედველობიდან არ უნდა გამოგვიჩვენოს ის ტარბილი, რომ კრისტალის მიხედვით განსაზღვრული ნიშნებიც არის მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული. მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული ნიშნებიც არის მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული.



ნახ. 11.35. ჰექსაედრისა და რომბული კვადრის კრისტალის

კუბის ნაწილები შეიძლება რვაკუბების ფორმა მიიღოს, ეს ნაწილები განსაზღვრულია კუბის ნაწილები (ნახ. 11.36 ა):

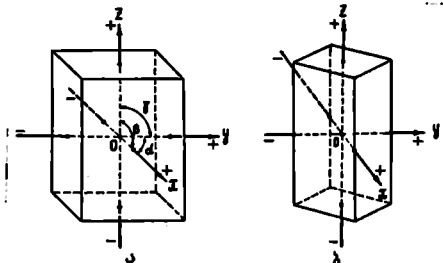


ნახ. 11.36. ჰექსაედრის (K) და კუბის (O) კრისტალის საბი შენახვა

კრისტალის მიხედვით განსაზღვრული ნიშნებიც არის მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული. მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული ნიშნებიც არის მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული. მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული ნიშნებიც არის მისი სტრუქტურის მიხედვით განსაზღვრული.

§ III. 1. პარამეტრების რაციონალური ფორმების აღმოჩენა

კრისტალთა ნახნაგებობის განლაგების განსაზღვრისათვის კრისტალოგრაფიანი გამოყენებულია ანალიზურ გეომეტრიაში მიღებული ეკვარტის საკოორდინაციო სისტემის პრინციპი, რომლის თანახმად ნერვების მდებარეობას სივრცეში საბოლოოდ სამი საკოორდინაციო ღერძზე. მოკვეთილი პარამეტრების ურთობლობა, ამასთან დაკავშირებით საჭიროა კრისტალბუნი პირობით გაუგებრობა სამი ღერძი, რომლებზე კრისტალზე არსებული ან დასაშვები სამი ურთიერებადგეგმული ნიშნის პარალელური უნდა იყვნენ. ჩვეულებრივად ასეთ მიმართულებად ირჩევენ კრისტალზე მაქსიმალურად განვიხარებული ნახნაგებობის გასაკვეთის წარმომადგენელი ნიშნებს, რომლებზე რიგ შემთხვევაში პარალელური არიან ან სიმეტრიის ღერძისა, ან სიმეტრიის სიმბოლოების მარჯობისა. კრისტალის სახის შესაბამისად ურთიერი ღერძები შეიძლება იყვნენ ურთიერებახრილი ან მარჯობი, მაშ x, y, z ან a, b, c ან u, v, w ან x, y, z (ან a, b, c) ასეთობით, ხოლო ღერძებს შორის სათანადო კუთხეებს აღნიშნავენ α, β, γ ან α, β, γ ან, როგორც ეს აღნიშნულია ნახ. III.1-ზე. ამ სამი ღერძიდან პირველი x ღერძი მიმართულია მავრუბლისკენ, მეორე y ღერძი გაივლის მარჯობიდან მარჯვნივ,



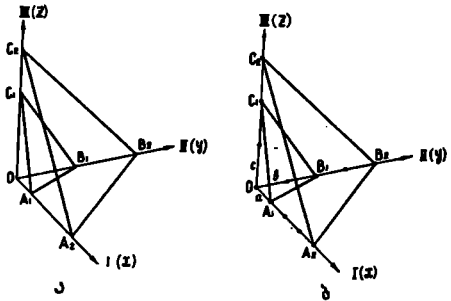
ნახ. III.1. x, y და z კრისტალოგრაფიული ღერძები გაფარებულია კრისტალზე არსებული (ა) ან შესაძლებელი (ბ) ნიშნების პარალელურად

ხოლო შესაძვე z ღერძი ურთიერებახრიანა. α ნერვლი კრისტალოგრაფიული ღერძთა ურთიერების საწყისისა, შესაბამისად β ღერძზე ანალოგიური წინ გადახრისა, ურთიერებახრიანი, γ ღერძზე მარჯვნივ გადახრისა, მარჯობი-ურთიერებახრიანი და z ღერძზე მვეთი გადახრისა, ურთიერებახრიანი (ნახ. III.1).

კრისტალზე არსებული ნახნაგებობიდან. მოგაგი განლაგების ნახნაგე გასაკვეთის სამივე კრისტალოგრაფიული ღერძს, ხოლო კერძო შემთხვევაში, ნახნაგე შეიძლება

ტაქსონის მხოლოდ ირი რომელიმე ღერძი და შესაბამისი კი პარალელური იყოს, ან ტაქსონის მხოლოდ ერთი ღერძი და პანარქენების კი პარალელური იყოს (ნახ: III:2):

დავუშვათ, რომ გვაქვს ისეთი კრისტალი, რომელიც სამივე-კრისტალოგრაფიული ღერძი ურთიერთხარისხიანი და მასზე განვიხილოთ ერთი ნახნაგი— A, B, C , და A_2, B_2, C_2 , რომლებიც პირველად სამივე ღერძს (ნახ. III, 2 ა). პირველი ნახნაგი A, B, C , ხასიათდება X ღერძის მიმართ OA_1 , y ღერძის მიმართ OB_1 და Z ღერძის მიმართ OC_1 პარამეტრებით. მეორე ნახნაგის შესაბამისი პარამეტრები იქნება OA_2 , OB_2 და OC_2 მონაკვეთები.



ნახ. III.2. კრისტალის ირი ნახნაგის პარამეტრები კრისტალოგრაფიული ღერძების მიმართ

$OA_1 : OB_1 : OC_1$, ან $OA_2 : OB_2 : OC_2$ ურთიერთ ნახნაგის ვ ა რ ა მ ე ტ რ ე უ რ თ ე ა რ ე ბ ა ს, ხოლო ეს გავითვალისწინებთ, რომ კრისტალის აგებულება შესრული ხასიათისაა და რომ მისი ნახნაგები შესაბამისი ბალებების პარალელურად ვითარდებიან, უნდა დავუშვათ, რომ აღნიშნული პარამეტრების ურთიერთ-შეფარდება, მაგალითად $\frac{OA_2}{OA_1} ; \frac{OB_2}{OB_1}$ და $\frac{OC_2}{OC_1}$ ყოველთვის რაციონალური რიცხვით გამოიხატება (მთელის ან წილადის სახით). აღნიშნული შემთხვევაში, ეს ყოველი ღერძის მიმართ შესაბამისი სამასშტაბო ერთეულის შევარჩევთ, მაგალითად, X ღერძზე a , y ღერძზე b და Z ღერძზე c მონაკვეთებს როგორც ერთეული მონაკვეთებს (ნახ. III.2 ბ), პარამეტრების აღნიშნული შეფარდებანი შემდეგნაირად გამოიხატება:

$$\frac{OA_2}{OA_1} = \frac{4}{1} = 4 ; \frac{OB_2}{OB_1} = \frac{4}{2} = 2 \quad \text{და} \quad \frac{OC_2}{OC_1} = \frac{3}{2} .$$

პარამეტრების ეს პარამეტრები უნდა გავითვალისწინოთ კრისტალოგრაფიის შესაბამისი ძირითადი კანონის, რომელიც ეწოდება ვ ა რ ა მ ე ტ რ ე უ რ თ ე ა რ ე ბ ა ს კ ა ნ ო ნ ს სახელით. ან კანონს უწოდებენ აქტივად მთელი რიცხვითი ვ ა რ ა მ ე ტ რ ე უ რ თ ე ა რ ე ბ ა ს კ ა ნ ო ნ ს, ფრანგი კრისტალოგრაფის რენე ჟუსტ ჰაუსის (1743-1822) (Rene Just Hauss) სახელიდან დაკავშირებით, რომელიც პირველმა მიაქცია ყურადღება პარამეტრული შეფარდების ამ თავისებურებას ჯერ კიდევ მაშინ, როდესაც სივრცული მესრის თეორია არ იყო ენობილი.

შესაბამისი დაეგვიძინ. ჩვენი განმარტების საფუძვალზე ვრთველი ნახნაგი იქნე-
 და ის ნახნაგი, რომლის პარამეტრიული შეფარდება იქნება $a : b : c$ (ნახაბბე
 ვს ნახნაგი ანტიმეტრიკა პუნქტიონი), A_1, B_1, C_1 , ნახნაგის პარამეტრიული შეფარ-
 დება შესაბამისად გამოისახება $2a : 4b : 2c$, ხოლო მეორე ნახნაგის A_2, B_2, C_2
 პარამეტრიული შეფარდება იქნება $4a : 2b : 3c$. პარამეტრიების რაყიონალური შეფარ-
 დების კანონის საფუძვალზე ამ ნახნაგების პარამეტრიების ორმაგი შეფარდება
 უნდა გამოისახოს სამი მხელი და მეთრე რიყხვედრის შეფარდებით:

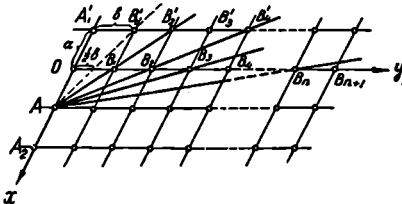
$$\frac{4a}{2a} : \frac{2b}{4b} : \frac{3c}{2c} = \frac{8}{4} : \frac{2}{4} : \frac{6}{4} = 4 : 1 : 3.$$

დავუშვათ, რომ აღვძვი კრისტალით კრისტალიგრაფიული ღერძების სანგის
 ზრტილიად აღვძვი იყო არა 0, არამე O_1 , ზრტილი, მაშინ იმავე ნახნა-
 გების პარამეტრიული შეფარდება გამოისახება სასადაო ზეკრების შეფარდ-
 ბით. ასე, მაგალითად, A, B, C , ნახნაგისაგვის პარამეტრიული შეფარდება იქნე-
 და $1a : 2b : 1c$, ხოლო A_2, B_2, C_2 ნახნაგისაგვის $3a : 1\frac{1}{2}b : 2\frac{1}{2}c$. ამ პარა-
 მეტრიების ორმაგი შეფარდება შესაბამისი გაერხმეტიშენილიანებრით და შეკვეთით
 იმავე ციფრებით გამოისახება:

$$\frac{3a}{a} : \frac{\frac{3}{2}b}{2b} : \frac{\frac{5}{2}c}{c} = \frac{3}{1} : \frac{3}{4} : \frac{5}{4} = 4 : 1 : 3.$$

მაშასადამე, ნახნაგის პარალელური გადაადგილების შემხხვევაში მისი პარა-
 მეტრიული შეფარდება უცვლილი რჩება.

იმაში დასარწმუნებლად, რომ კრისტალიზე არ შეიძლება ორი ისეთი ნახნაგის არსე-
 ბობა, რომელიც პარამეტრებით ურთ და იმავე ღერძის მიმარტ დიდი რიყხვეთ ცან-
 ხეავედრებან, საჭიროა გავიხსენოთ ებულება, რომლის საფუძვალზე კრისტალიზე მხო-
 ლოდ იმ ნახნაგების განვიხარება შესაძლებელი, რომლებიც პარალელური არიან
 მავსიომალური რეტიკულარული სიშქიორიონის მეორე დაეგვიძინსა. ნახ. 111.4-ზე მი-
 ყვებულია შესაძლებელი ნახნაგების კვარი Σ მრტევილი დაეგვიძინსა. ასე, მაგ., შესაძ-
 ლებელია ნახნაგის არსებობა, რომელიც გაივილი - A_1, B_1 კვანძებზე. შესაძლ-
 ებელია აგრევე ნახნაგი განვიხარეის A, B, C_1 კვანძებზე ან A, B_2 ... და სხე.



ნახ. 111.4. ნახნაგთა შესაძლებელი განლაგება
 მრტევილი ბაგის მიმარტ

ამ შესაძლებელი ნახნაგებს შორის ის ნახნაგი უფრო განვიხარდება, რომელიც პარა-
 ლელურია იმ ბაგისა, სადაც რეტიკულარული სიშქიორიონი მეტია, ე.ი. A, B , ნახნაგი

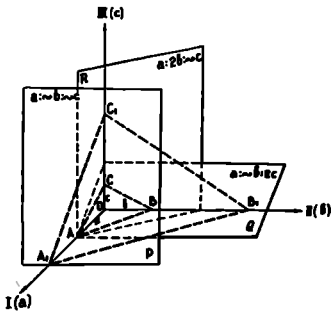
უფრო ადვილად განვიხილოთ, ვიდრე A_1B_2 , ხოლო A_1B_2 ნახნატი უფრო ხშირად შედგებულა, ვიდრე A_1B_3 და ა.შ. მაშასადამე, A_1B_n კვანძობზე განსაზღვრულ ნახნატიც განვიხილოთ შეუძლებელია, რადგან ამ ბაგის რეგულარული სიმჭიდროვე შესაძლებელია მარტონის შიშის მიხედვით იქნება. აღნიშნული გვიჩვენებს, რომ ნახნატი $0,4$ ღერძის მიმართ შესაძლებელია ნახნატი პარამეტრები იქნება ერთეული პარამეტრის მიმართ მეტი 2-ჯერ, 3-ჯერ. . . და ა.შ. და არა n -ჯერ მეტი (n კი რიცხვია). შეიძლება ეს პარამეტრი ნახნატი იყოს, მაგრამ მათი პარამეტრული შეფარდება მათზე გამოისახება მეტი და მცირე რიცხვით. ნახნატი A_1B_1 ნახნატი პარამეტრი 4 ღერძის განხილვის $1/2$ B ; ნახნატი შეფარდება $A : 1/2 B$ იგივეა, რაც $2A : B$, რასაც მივიღებთ, ეს გასაუგებლად A_1B_1 ნახნატი ბაგის პარამეტრად A_2 კვანძობა გავლით.

განხილული პარამეტრების რაციონალური შეფარდების კანონი საფუძვლად უდევს კრისტალის ნახნატიების აღნიშვნას პარამეტრების ან ნდებულების საშუალებით.

§ III. 2. ნახნატი პარამეტრები და ნდებულები

კრისტალის ნახნატიების აღნიშვნისათვის სარგებლობენ სივრცის ბუდე, მატრიცა, გრამატიკული კრისტალოგრაფის h, k, l მიერ პარამეტრების საშუალებით შემოღებული აღნიშვნა. კრისტალზე უნდა იყოს შეჩვეული რომელიმე ნახნატი, რომლის პარამეტრებსაც მივიჩნევთ ერთეულ პარამეტრებად და ყველა ნახნატი ნახნატი პარამეტრული შეფარდებას გამოვსახავთ შესაბამისი კოორდინატებით, რომლებიც გვიჩვენებენ, ეს რამდენჯერ მეტია ნახნატი პარამეტრი ერთეულ პარამეტრზე. მოგაძაპრ პარამეტრული შეფარდება გამოისახება ასე: $mA : nB : pC$ (ან $A : mB : nC$), სადა m, n და p მეტი და მცირე რიცხვებია (ან რატომ ვერაღებ რაციონალური რიცხვები). ეს ნახნატი რომელიმე ღერძის პარამეტრია, მაშინ მისი პარამეტრი ამ ღერძის მიმართ უსარკულაა. ნახნატი, ვერტიკალური მიმართულების ნახნატი (z -ის Z ღერძის პარამეტრი ნახნატი) პარამეტრული შეფარდება იქნება $A : B : cA$ ნახ. III.5-ზე მიღებული რამდენიმე ნახნატი პარამეტრული შეფარდება: ABC ნახნატი იგივე ერთეული ნახნატი, a -ის მიხედვით OA, OB და OC პარამეტრები მივიჩნევთ სამხრეთით ერთეულად (A, B და C), მაშინ A, B, C , ნახნატი პარამეტრები იქნება $2A : 3B : 4C$. R ნახნატი კვეთს 1 და 11 ღერძებს და 111 ღერძის პარამეტრია. მისი პარამეტრი მოგაძაპრ შემხებულებით იქნება $A : mB : cA$; ჩვენს შემხებულებით — $A : 2B : cA$ Q ნახნატი პარამეტრებია $A : cB : 2C$, რადგან იგი 11 ღერძის პარამეტრია, ხოლო P ნახნატი პარამეტრი იქნება $A : cB : cA$, რადგან იგი 3 კვეთს მხოლოდ 1 ღერძს და პარამეტრია 11 და 111 ღერძების. სადა a არ უნდა 3 კვეთდეს P ნახნატი 1 ღერძს, იგი შეიძლება გასაუგებლად პარამეტრული ირიტინგისათვის A ნახნატი გავლით იყოს და მაშინ პარამეტრული შეფარდება იქნება $A : cB : cA$. მიუხედავად იმისა, რომ პარამეტრული შეფარდებები ნახნატიების გამოისახება საკმაოდ მარტივად და მიღებული ყოფილი შესაძლებელია გამოვიყენოთ ნახნატი რიცხვით ნახნატიებთან, კრისტალოგრაფიაში მათზე მიღებული ნახნატიების განსაზღვრა პარამეტრების შეზღუდული სიძველის შეფარდებით a, b, c იღონება

ո Ե. Բ. Գ. Դ. Ե. Զ. Է. յրևակայական ճանաչման գամոտանքից յս ելուն մտնողներուց-
 նաք անհրաժեշտ են յարանախա զորմեղծին գամոտանքն ըս շնամամսիկ գամոտան-
 ցարկիցմանն շնարկըման, որմըմեղծայ յլլամո շղարկըմնո:



Նան. 111.5. Ֆաննագա պարամետրիկ
 շղարկըման մաթ սնյապանք
 որիդրադանի շնոեքըմնո

Ի՞նչն յլլաք պըրնոմնո, որոմ Ֆաննագի պարամետրիկ շղարկըմա շնոըմա
 գամոտանքն սամի մաթըկ ըս մյորդ որոքնքնիս շղարկըմնո:

$$\frac{OA_1}{OA} : \frac{OB_1}{OB} : \frac{OC_1}{OC} = p : q : z.$$

Մասնաբաժնի, ոգոք Ֆաննագ ոնըլլանիս սաշարըմնո գամոտանքն պըրնո-
 մնուկ պարամետրիկ շնոնքնքնիկ սոբոբըմնիս շղարկըմնո:

$$\frac{OA_1}{OA} : \frac{OB_1}{OB} : \frac{OC_1}{OC} = \frac{1}{p} : \frac{1}{q} : \frac{1}{z} = qz : pz : pq.$$

Իսկըմն p, q ըս z մաթըկ որոքնքնո, մաթ Եմրադուկ ոլլըմա մաթըկ որոքն.
 մոլնքնըկ որոքնքն (ոնըլլանն) Յոգաքս պըրնոմնաքն h, k ըս l սնոքնո.
 մասնաբաժնի, $qz : pz : pq = h : k : l$.

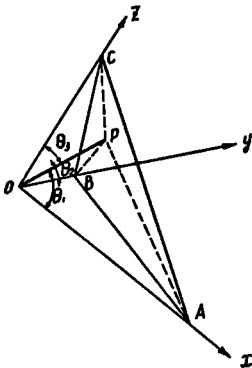
Արևանմանո, որոմ Ֆաննագի սոնըլլանի գանլաըմնի գանսաթըրա շնոըմա
 գամոտանքն ան մարդո մոն մոր մուքըմուկ պարամետրիկ սաշարըմնո, անմիք
 մանք յորորնոգա սանցնսոքն ըս շնոնքնըկ մարթոնս: ըս շնամամսիս յրևակա-
 րոքնադուկ ըրնքնն մորն Ֆաննագնոն յաքնքնիս սաշարըմնո. սնյ, մաթըկ-
 ըսք, ըս շնոնքն OP մարթոն ABC Ֆաննագն (Նան. 111.6). պըրնոմնո յա-
 քնքնն OP մարթոնս ըս x, y ըս z յրևակարոքնադուկ ըրնքն մորն
 շնամամսիս θ_1, θ_2 ըս θ_3 - ո, մամն շնամամսիկ մարթաքն սաճաքնքն-
 նոքն մոնըմնո:

$$\cos \theta = \frac{OP}{OA} ; \cos \theta = \frac{OP}{OB} \quad \text{և} \quad \cos \theta_3 = \frac{OP}{OC}.$$

մասնաբաժնի $\cos \theta_1 : \cos \theta_2 : \cos \theta_3 = \frac{1}{OA} : \frac{1}{OB} : \frac{1}{OC} = h : k : l.$

ამრიგად, მივიღებ შეფარებას, რომელიც წარმოადგენს პარამეტრების შეზღუდვითი სივრცეების შეფარებას.

ამ რიყხებებს (ინდექსებს) აბავსებენ ფრზილივბი და მათ შორის არ სვა-მენ არც შეფარების ნიშანს და არც მძიონს, ღებულობენ გამოსახულებას (hkl). ნახნავტა ინდექსების ასეე ურთობრიობას $h \ a \ b \ c \ d \ e \ f \ g \ h \ i \ j \ k \ l \ m \ n \ o \ p \ q \ r \ s \ t \ u \ v \ w \ x \ y \ z$ უწიოებენ.



ნახ. 111.6. პამოკიოებულება ნახნავტე პამუებუღი მართობსა და კრისტალოგრაფული ღერძებს შორის

ნახ. 111.6. პამოკიოებულება ნახნავტე პამუებუღი მართობსა და კრისტალოგრაფული ღერძებს შორის

ნახ. 111.7. სტრუქტურული პარამეტრების შეზღუდვითი სივრცეების შეფარებას

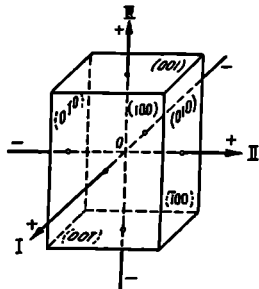
ნახ. 111.8. ნახნავტე hkl , მამინ წარმოადგენილ უნა ტავატრელოლ ეს ნახნავტი ამ ღერძის ტაპაკუებამდე (მატალიაპ, hkl)

ნახ. 111.5-ზე აწიბნული A, B, C , ნახნავტის პარამეტრული შეფარება გამოსახულებათა შეფარებებით $2a : 3b : 4c$. იგივე ნახნავტი მიღერის ინდექსების საშუალებით უნა გამოსახულების შეზღუდვითი სივრცეების შეფარებებით, ე.ი. $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{4} = 6 : 4 : 3$.

მაშასადამე, A, B, C , ნახნავტის სიმბოლო იქნება (643). ეს იკიხება ასე: ექვსი-იხვი-სამი და არა ექვსას რამოყა სამი. რიგსაყ ნახნავტის რომელიმე პარამეტრი უსასრულოა, მისი შესაბამისი ინდექსი, ცხადია, ნული იქნება. მაგალითაპ, R ნახნავტის პარამეტრული შეფარება არის $2 : 2b : c$ (ნახ. 111.5) და მისი ინდექსები

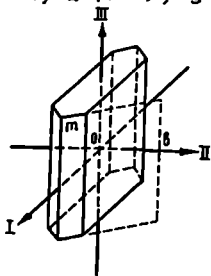
$$i : j : l = \frac{1}{2} : \frac{1}{2} : \frac{1}{c} = 2 : 1 : 0,$$

ე.ი. (210) და იკიხება: რი-ერე-ნული. მოტაპა 111 ღერძის პარალელური ნახნავტის სიმბოლო იქნება (hkl). $2 : c : b : c$ პარამეტრების მქონე ნახნავტის სიმბოლო იქნება

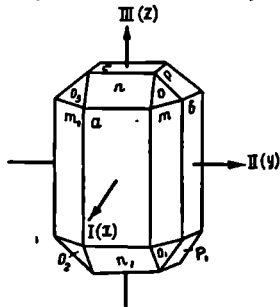


ნახ. 111.7. სტრუქტურული პარამეტრების შეზღუდვითი სივრცეების შეფარებას

წახნაგის ტერძელები იგი გააკვეთს მეორე კრისტალოგრაფიული ღერძს β (წარმოიქმნება) და შესაბამისი ტონიომეტრიული გამოშვების შედეგად შეიძლება მუსტაპი დაუკვირდეთ მისი ინდექსები. მაგრამ ტონიომეტრიული გამოშვების გარეშე ჩვენთვის საკმარისია, რომ m წახნაგის სიმბოლო ბოგაძე გამოვსახოთ ($h k 0$)—ი. ასევე მსჯელობის სათანადო ნახ. III. 9-ზე მოყვანილი კრისტალის წახნაგების სიმბოლოები შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად: $\alpha - (100)$; $\beta - (010)$; $\gamma - (001)$; $m - (h k 0)$; $n - (h 0 \ell)$; $o - (h 0 \ell)$; $p - (0 k \ell)$; $q - (0 k \ell)$; $o - (h k \ell)$; $q - (h k \ell)$; $o_2 - (h k \ell)$; $o_3 (h k \ell)$.



ნახ. III. 8. m წახნაგის ინდექსის გასაგებნად საჭიროა II ღერძის ბაძაკვეთაზე წარწევიტონიომის მისი სათანადო ტერძელება

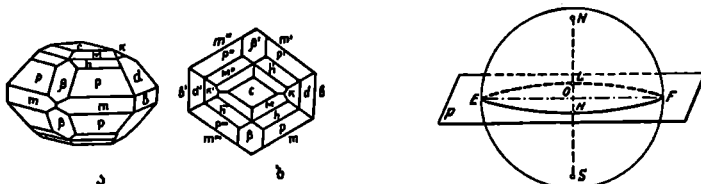


ნახ. III. 9. კრისტალზე ერთი და იმავე მარტივი ფორმის წახნაგები აღნიშნულია ერთნაირი ასოებით

§ III. 3. კრისტალთა გეგმილები

კრისტალთა სიმბრფეებე გამოხატვის სხვადასხვა ხერხია ცნობილი. ასე, მაგალითად, კრისტალი შეიძლება გამოიხატოს აქსონომეტრიული, ორთოგონალური და სხვა ტეტილებების საშუალებით (ნახ. III. 10). არსებული ტეტილებებიდან კრისტალოგრაფიაში ყველაზე ხშირად ხმარობენ სტერეოკრაფიული და ტნომოსტერეოკრაფიული ტეტილებს, რომლებშიც საშუალებაა იძლევიან რაყული იქნეს შესაბამისი, ექნენდნეს მორის არსებული კუხხეების სიიდეტები, რასაც რიგი ამოყანების ამოხსნისათვის მეტად რიგი მნიშვნელობა აქვს. ტაკვეთით სტერეოკრაფიული ტეტილების აკემის წესებს. ხაზის ან სიმბრფეის სტერეოკრაფიული ტეტილის ასაბეაძე საჭიროა O წერტილიდან, როგორც ტეტილია ცენტრიდან, შემოვებაში ნებისმიერი რადიუსის სფერო — ტეტილია სფერო (ნახ. III. 11). ტაკვეთით ეს სფერო პორიბონტალურად P სიმბრფეით ნის ცენტრზე ტავილი. ეს სიმბრფე არის ტეტილია სიმბრფე. იგი ტაკვეთს ტეტილია სფეროს რიგი წრეხამის ტასწერივ, რომელიც სფეროს ეკვატორული $HELF$ წრეხამი იქნება და რომლის ფარტელებშიც მოხატესება ყველა ტეტილი. ტავიყანათ ტეტილია ცენტრით ტეტილია სიმბრფეის მარჯობი WS ხაზი, $ა.წ.$ ტეტილია სფერო, იგი ტაკვეთს ტეტილია სფეროს N და S წერტილებში, რომლებშიც ტეტილებების მისაღები ხ ე გ ი ს

Ե Դ Ռ Պ Ը Դ Ծ Ո Վ. Քանից շքեղրին (միմարեղյունն) կերտոթրագուրի ձեռ-
 միրն մոնաղեմը սաղրոն յն շքեղրն ռայնն յարաղըրնըր զաթայոթանո ձեռմիրև
 լայնեղմ (Օ Քերեղրմը) զայրև. մաթարևաթ, DA շքեղրն (Նախ. 111, 12. ս)
 զայնեղրմըրև ձեռմիրև սաղրոն զաթայոթանոթ: յղընմոթո զաթայոթուն Քերեղր
 A , յսոտ, Շընայրևոտ յն Քերեղր S եղընն Քերեղրևան կրորն ծաճո;
 Շընայրևեղմըրն ծաճո զաթայոթուն ձեռմիրև սոմրեղյուն AL Քերեղրմո. մոլըմըր AL



Նախ. 111. 10. Երկնագրին պլանոնմե-
 թրուր (ա) զա ռոտոթրագուր (ծ)
 ձեռմիրև

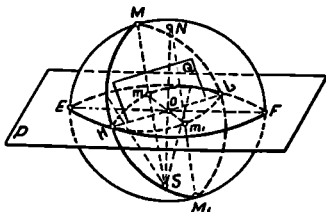
Նախ. 111. 11. կերտոթրագուր
 ձեռմիրունն յգեմնն յղընեղմն
 Ս-ձեռմիրև լայնեղր, P - ձեռմիրև
 սոմրեղյուն, $HELF$ - ձեռմիրև
 սաղրոնն զաթայոթրոնաղըրն յղըն,
 N զա S - եղընն Քերեղրմն

Քերեղրն յղընմ DA շքեղրնն կերտոթրագուր ձեռմիր. մաճասթաճ
 Ե Դ Ռ Պ Ը Դ Ծ Ո Վ Ռ Ի Ե Դ Մ Պ Պ Ռ Ի Ն (միմարեղյունն) կերտոթրագու-
 րի զա թրոնն Ե Դ Ռ Պ Ը Դ Ծ Ո Վ Ռ Ի Ե Դ Մ Պ Պ Ռ Ի Ն. յմաղընն մոլըմ
 DB շքեղրնն B կերտոթրագուր ձեռմիր. ոմ Շըմեխընյաթո, զը մոլըմըր
 միմարեղյուն P ձեռմիրև սոմրեղյունն յղընն արնն միմարեղյուն, մաթարևաթ OC ,
 մաճոնն յմ շքեղրնն զա ձեռմիրև սաղրոնն զաթայոթունն C , Քերեղրն շքթա Շընայր-
 ևոտ N եղընն Քերեղրն զա մոլըմըրն L Քերեղրն յղընմ OL շքեղրնն
 սաճոնեղմըրն կերտոթրագուր ձեռմիր. C Քերեղրն ոմ Շընայրևեղմն S
 եղընն Քերեղրևան, մաճոնն Շընայրևեղմըրն ծաճո զաթայոթունն ձեռմիրև սոմրեղյուն
 Քերեղրևանն զաթայոթ (Քերեղրն C_2). ոմոնսաղընն, զոմ զանյունն P սոմր-
 եղյունն ձեղյունն յմ յղընն զանյունն շքեղրնն կերտոթրագուր ձեռմիրև,
 Շընոլըմն մոլըմըրև սաթայոթոնն զաթայոթունն մոլըմըրն: զաթայոթոնն ձեղյունն Ս-
 մարեղյունն շքեղրնն ձեռմիր, ծաթայոթոնն—յղընն միմարեղյուն.

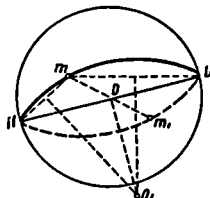
զանյունն զարժոն զանյունն շքեղրնն կերտոթրագուր ձեռմիրև.
 Յորմոնեղրագուր շքեղրնն (DQ) կերտոթրագուր ձեռմիրնն յմաղընն սաթայոթոնն
 զաթայոթանո յն միմարեղյունն O Քերեղրմը զայրև, մաթարև, զաթայոթոնն DQ միմար-
 ևղըմն Յորմոնեղրագուրն, ոմ զայնեղմն P ձեռմիրև սոմրեղյունն զա սթայոթոն
 մոնն զաթայոթունն զաթայոթունն ձեռմիրև սաղրոնն զաթայոթոնն Q ,
 Քերեղրմո. յն Քերեղրն ոմ Շընայրևոտ S յն N եղընն Քերեղրն, Շը-
 նայրևեղմըրն կրորն ծաճո ձեռմիրև սոմրեղյունն զաթայոթունն ոմաղը Q , Քերեղրմո.
 Յորեղրագուրն շքեղրնն կերտոթրագուր ձեռմիրնն յմաղըմն շքթա զաթայոթանոն
 ոմ O Քերեղրմը զայրև զա սթայոթոնն Շընայրևեղմն ձեռմիրև զաթայոթոնն— NS —ս.

4. Գ. Նարնաղըր

HmL მრეფივ წრებადის ნაწილია, რომლის რადიუსის მიწახევა შეიძლება სათანადო ადგილის საძუარლებით (ნახ. III.14). მოყვნილ სამ წერტილებზე (H, m და L) წრებადის რკალის გასაფარებლად Hm და mL ხაზების შუა წერტილებიდან უნდა ავაგოთ შესაბამისი მარჩობი და მათი გატაკეულის წერტილი იქნება საძიებდის წრებადის O , აენჭრი, საიდანაც შემოვიხაზავთ O, H რადიუსით HmL რკალს; ანალოგიურად მივიღებთ Hm, L რკალს, რომელიც იქნება Q პახრილი სიბრწყის სფეროტრაფიული დებმილი P სიბრწყის ქვევით მიღებარე ნაწილისაღვის (ნახ. III.14):



ნახ. III.13: პახრილი სიბრწყის სფეროტრაფიული დებმილის ადება

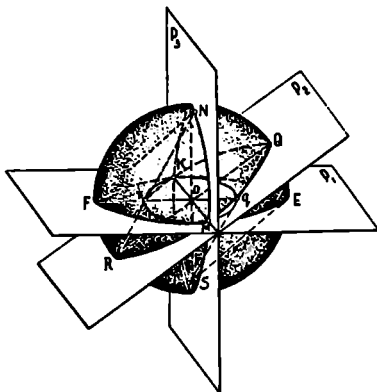


ნახ. III.14. წრებადის რკალის რავორე პახრილი სიბრწყის სფეროტრაფიული დებმილის ადება

განვიხილოთ სიბრწყის განლაგების კერძო შემხვეუვები და ავაგოთ შესაბამისი სფეროტრაფიული დებმილები. პირიბიწმალური სიბრწყის (P_1) სფეროტრაფიული დებმილი, რომორც ნახ. III.15-დან ჩანს, იქნება დებმილია სფეროს ვუვატორული $MEKE$ კვეთით. იმავე ნახაზიდან ვერტიკალური მიმარჩეულების სიბრწყის (P_2) სფეროტრაფიული დებმილი იქნება MK სწორი ხაზი, რომელიც $MFKE$ წრებადის გიამეჭრის წარმოადგენს; ამრიგად, პახრილი სიბრწყის სფეროტრაფიული დებმილი წრებადის რკალია (რაც უფრო მეტია სიბრწყის პახრის კუხებ პირიბიწმალური სიბრწყისაგებში, მით უფრო დიკია წრებადის რადიუსი), პირიბიწმალური სიბრწყის დებმილი წრებადია (დებმილია სფეროს ვუვატორული კვეთით) და ვერტიკალური სიბრწყის დებმილი—ამ წრებადის გიამეჭრი.

სფეროტრაფიულ დებმილებთან ურთავ(რომელია საძუარლებით განისაბავენ სიბრყრის სიბრწყის და სიბრყრის რადიების დებმილებს) კრისსგალის ნახნაღების ეასამონად ხსავ: რომენ ე.წ. გ ნ მ მ ს ჭ ე რ ი მ გ რ ა ვ ი ვ რ ე გ ე მ ი ი ე მ ს. გნომი ნიწნავს მარჩობის და ნახნაგის გნომისფეროტრაფიული დებმილი არის დებმილია აენჭრიდან ნახნაგებე პამეუბული მარჩობის სფეროტრაფიული დებმილი. მამასაგამე, წ ა ბ ნ ა გ ი ს (სიბრწყის) გ ნ მ მ მ ს ჭ ე რ ა ვ ი ვ რ ე გ ე მ ი ი ე მ ს. ავილოთ ნაიბე კრისსგალი და წარმოვიტვიწნოთ მის გარმეში დებმილასფერი, რომლის აენჭრი უმასეუვა კრისსგალის დებმიტრიულ აენჭრს (ნახ. III.16). პავუმევა დებმილია აენჭრიდან გიველი ნახნაგებე შესაბამისი მარჩობი და მიუნახით გიველი მიმარჩეუების სფეროტრაფიული დებმილი (მეუთხე განხილული წესით). მიღებული წერტილები იქნება სათანადო ნახნაგის

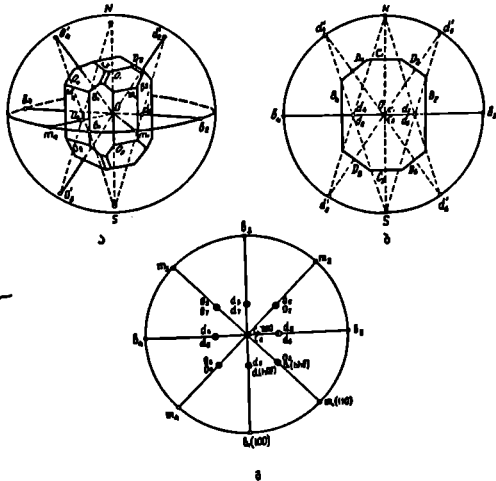
ენომოსტერეოგრაფიული დეტალები. ნახ. III-16-დან ჩანს, რომ ფოველი ვერტიკალური წახნაგის ენომოსტერეოგრაფიული დეტაილი მოთავსებულია ეკვატორულ წრე-ბამზე (წერტილები b_2, m, b_1, m, b_2 და სხვ.), პირიბინფალური წახნაგების (C_1 და C_2) ენომოსტერეოგრაფიული დეტალები—დეტაილთა ცენტრში (O წერტილში). ღედა წახნაგის (C_1) დეტაილი აწინიშვლია რეოლით, ხოლო ქვედასი უი ჯვრით. ფოველი პახრილი წახნაგის ენომოსტერეოგრაფიული დეტაილი იქნება წრეხამის შიგ-ნიშ ასუ, მატალითაჲ, D_2 წახნაგის ენომოსტერეოგრაფიული დეტაილის მისანა-



ნახ. III-15: პირიბინფალური (P_1), პახრილი (P_2) და ვერტიკალური (P_3) სიბრტყეების სტერეოგრაფიული დეტალების ადამა

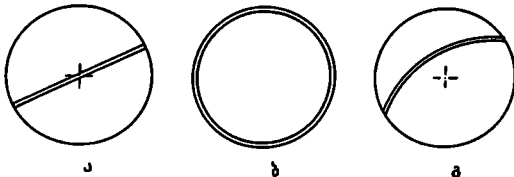
ხაჲ უნდა გადაუშვათ ამ წახნაგზე O წერტილიდან $O d_2$ მარეობი და გადაგრძე-
 ლთ იგი დეტაილთა სტერეოს გაჲკვეთამდე, უი: d_2 წერტილამდე, შემდეგ გაჲკვე-
 თის წერტილი შევეუროთ საბრეო ხედვის წერტილის (S). შემაგრებელი სწორი
 ხამი გაჲკვეთს დეტაილთა სიბრტყეს d_2 წერტილში და ეს იქნება D_2 წახნა-
 გის ენომოსტერეოგრაფიული დეტაილი (ნახ: III-16 ა და ბ): უხაბთა იმავე წერტილ-
 ში. მოთავსებდა დეტაილთა სიბრტყის ქვევით მდებარე D_6 წახნაგის ენომოსტერეოგრა-
 ფიული: დეტაილი. ამ შემთხვევაში D_6 წახნაგზე პაშეუბული მარეობის და სტე-
 როს გაჲკვეთის d_6 წერტილი უნდა შევეუროთ N ხედვის წერტილს. შემაგრებ-
 ბელი სწორი ხამი გაჲკვეთს დეტაილთა სიბრტყეს იმავე d_2 წერტილში. ნახ: III-16
 ბ-ზე მოცემულია კრისტალის ცვლა წახნაგის ენომოსტერეოგრაფიული დეტაილი. რეო-
 ლიბით აწინიშვლია იმ წახნაგების დეტაილები, რომლებზეც დეტაილთა სიბრტყის ღევი
 მდებარეობდენ, ხოლო ჯვრით— დეტაილთა სიბრტყის ქვევით მდებარე წახნაგების
 დეტაილები. სულ აწინიშვლი კრისტალზე გადაქვს ხუთი მარეობი ფორმის კომბინაცია:
 რიი მათგანი (M და B) შეჲკვეთა რეო-ლიბით ვერტიკალური წახნაგებისაგან -
 (M_1, M_2, M_3 და M_4) და (B_1, B_2, B_3 და B_4), O და D მარეობი
 ფორმები უი რეა-რვა პახრილი წახნაგებისაგან შეჲკვეთიან (რეოლითა შორის

ოხ-ოხები ღეპა ნახეჯარსფეროშია და ოხ-ოხები უჯეპაში). C ფორმა წარმოდგენილია ორი პირიბირთვალური წახნაგის (C_1 და C_2). ხუთეჯე მარტვიე ფორმის სათანადო წახნაგების (B_1, M_1, D_1, D_2 და C_1) ინჟეუსები მიჟეანლია მახ მესაბამის დეგმილეშან (ნახ: III.16)



ნახ. III.16. კრისტალის წახნაგების გნომოსტერეოგრაფიული დეგმილეშის ადგმა: ა-აქსონომეტრიული დეგმილი, ბ-ვერტიკალური შრილი, გ-აკვაფორული წრეხადი

ნეშისმივერი კრისტალის დადეგმილეშისას მისი სიმეტრიის ელეშენგებს ტამო-სახავენ სტერეოგრაფიული დეგმილეშის საშეალებიო, ხოლო წახნაგებს-გნომოსტერეოგრაფიული დეგმილეშო. ზეუელებრივაპ სიმეტრიის სიმეტრის დეგმილეშს ტაშისახავენ ორ-ორი პარალელური ხაშის (ნახ: III.17), ხოლო სიმეტრიის ელრძეშის აქსანნიშ-ვაპ მილეშული პირიბიოხი ნიშნეშ მიჟეანლია ტაშელა III:1-დე.



ნახ. III.17. სხვადასხვა მიმართულების სიმეტრიის სიმეტრის სტერეოგრაფიული დეგმილი ა-ვერტიკალური, ბ-პირიბირთვალური, გ-ტაბერილი მიმართულებებისასების

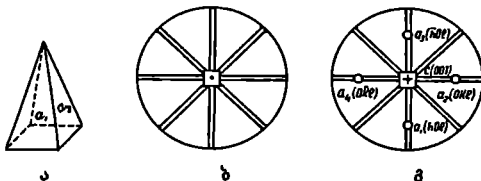
მატერიის სახეის ავირთჷ გუგრატი (მუნიერი მახუხუხა) პირამიდა, რიმიტსაჷ ახასიაჷმს ვერტიკალური მიმარჯულებით მუხუხე რიგის სიმიტრის ლრძი (L_4) და მასჷ ტაღებური მახი სიმიტრის სიბრჷვე (ნახ. 111.18 ა).

ამ უღემენგებინ სტერეოგრაფიული გეგმიღებინ საჷანაჷრ გამოი-
სახუმა წრეხაჷის გუნგრში კუპრახი (ვერტიკალური L_4) და მახი დიამეტრი (ვერტიკალური $4P$) (ნახ. 111.18 ბ). ამ გეგმიღებჷ უნდა გავიგანოჷ პი-

გამუღა 111.1

სიმიტრის ლრძანი	L_2	L_3	L_4	L_6	q_1, q_2	q_3, q_4
პირიხითი გეგმანი						

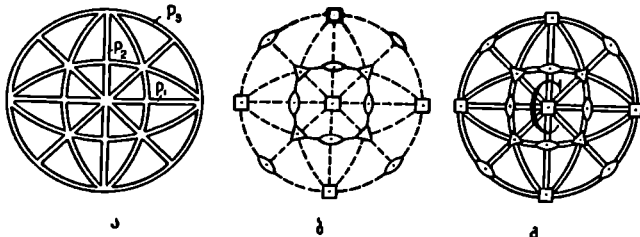
რამიგის მახი დახრილი ნახნაგის და მისი ჭრის (მონიგერის) გნომოსტერეოგრა-
ფიული გეგმიღებინ. ესენი პირამიგის ნახნაგებინ გამომსახუვილი L_1, L_2, L_3 და L_4
წერტიღებინ იღუმა, ხოლო გუნგრში მღებარე L წერტიღი მონიგერის მუ-
საჷამისი. ვიღვი ნახნაგის გეგმიღს მიწერილი აქუს საჷანაჷრ ინგესი
(ნახ. 111.18 გ):



ნახ. 111.18. გუგრატი პირამიგის გეგმიღი.
ა-გუგრატი პირამიდა, ბ-სიმიტრის უღემენგებინ
(L_4 და $4P$) სტერეოგრაფიული გეგმიღებინ,
გ-საურთ გეგმიღი (გაგანიღა ნახნაგებინ გნომოს-
ტერეოგრაფიული გეგმიღებინ)

ავიგოჷ მაქსიმილური სიმიტრის ხარისხის მუქი მარტივი ფრმა, მაგარი- ..
ჷჷ პუმი და გამოვსახოჷ უკრ მისი სიმიტრის უღემენგებინ სტერეოგრაფიული გეგ-
მიღებინ და მუმიტ გავიგანოჷ ამ გეგმიღებჷ კუბის ვქუსიღე ნახნაგის გნომოსტერე-
ოგრაფიული გეგმიღი: რიგის L_1, L_2, L_3 კუბის ახასიაჷმს ცხრა სიმიტრის
სიბრჷვე, რიმიტსაჷანაჷ მახი ვერტიკალურა, მახი-დახრილი, ვრთი პირიმიტგალუ-
რი (ნახ. 11.4) და აქუს გამეფი სიმიტრის ლრძი, რიმიტსაჷანაჷ სამი მუხუხე
რიგის, მახი მესამე რიგის და ვქუსი მუქი რიგისა (ნახ. 11.6). კუბის ატრეღე
ახასიაჷმს ინვერსიის გუნგრის არსუბა. აღნიშული ცხრა სიმიტრის სიბრჷვის ..
სტერეოგრაფიული გეგმიღი გამომსახუმა ისე, რიგის ეს მიგემულია ნახ. 111.19 ა-ბ,
მაჷ მირის P_1, P_2 და P_3 მახუარი. სიბრჷვეებინა, პირველი მრი ვერტიკალურა,
მესამე პირიმიტგალური მიმარჯულებისა, განარჩენი ვქუსი დიამეტრული სიბრჷვე-
ბინა: სიმიტრის ლრძებინ გეგმიღჷ ატრეღებინ მისანახაჷ უნდა გავიხსენოჷ,

რომ L_4 ტაძის კუმბის წახნაგის ენფრში, უცხ: ომ-ომ-სომეგრის სომეგრის ტაძარების წერტილებში: რაგან ორი ღერძი პორტიონალური იქნება, ამიგომ მათი დეტალები წრებაბზე ტანლაგებთან (ნახ: III:19 ბ), ხოლო მესამე ვერტიკალურა და მარსაბამე, ამ ღერძის ორივე ბოლოს დეტალები ტანლაგება წრებაბის ენფრში. მესამე რიგის ღერძებს (L_3) პანრილი მიმარულა აქვს და გომან კუმბის წვერობში, იქ საბაყ იკვეთება სამ-სამი ეთაგონალური სომეგრის სომეგრევი. ეს აბელები დეტალები ომნი წერტილია აფინიქება (სამკვე-ბელები, ნახ: III:19 ბ), რაგან ამ ღერძების ქვედა ნახევარსტრის ბოლოების დეტალები მესამამისაპ იმავე წერტილებს ბაუმბელება. მორე რიგის სომეგრის ღერძები (L_2) კუმბის ურმანების მიპირპაპირე წიბების ენფრებში ტაძის,



ნახ: III:19 კუმბის სომეგრის ელემენტების სტრუქტურალური დეტალები: ა-სომეგრის სომეგრების, ბ-სომეგრის ღერძების, ც-საბეო

უ.ო. იმ წერტილებში, საბაყ იკვეთება ორ-ორი სომეგრის სომეგრე: ამ ღერძებთან ორი პორტიონალურა და მარსაბამე მათი დეტალები ტანლაგებთან წრებაბზე, ომნი უ.ო. პანრილია, უ.ო. მათი დეტალები წრებაბის შიგნით იქნება, იქ საბაყ იკვეთება ორ-ორი სომეგრის სომეგრე (ნახ. III.19 ბ):

ნახაბზე III:19 ა და ბ ურმანების რომ მუჯავსო, მივიღებ კუმბის სომეგრის ელემენტების საერო დეტალებს (ნახ. III.19 გ), რომლებსაყ უნდა ბავიგანო იმე ნივერსის ენფრის არსებობის აქსანქივაპ ასო C . რიგსაყ კრისტალს იმევერსის ენფრის არა აქვს, C ასოს არ წერენ.

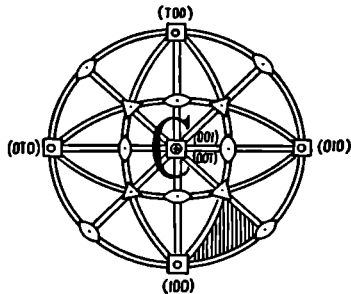
მივიღებ დეტალებზე უნდა ბავიგანო კუმბის ექვსი წახნაგის ენომისტრუქტურალური დეტალები. რაგან ომნი მათგანი ვერტიკალურა, ამიგომ მათი ენომისტრუქტურალური დეტალები. სათანაპო წერტილების სახით ტანლაგებთან წრებაბზე, იქ საბაყ მუჯავსო რიგის ღერძების დეტალები (უნდა ბავსტრეპს, რომ L_4 ღერძები მარსაბამე კუმბის წახნაგებისაპში): პანარერი ორი პორტიონალური, ბედა და ქვედა წახნაგის ენომისტრუქტურალური დეტალები ტანლაგებთან წრებაბის ენფრში: ექვსივე წახნაგის მესამამისი იმევერსი აფინიქელია ნახ. III.20-ბე.

სომეგრისსაბეის საესებო საკმარისია აფინიქელი წახნაგების მავლაპ. ნახაბზე ბავიგანო მხლოპ ურთი რომელიმე მათგანი, რაგან პანარერი წახნაგების რიგსი და ტანლაგება შვიდედა გამევეანდი იქნეს არსებული სომეგრის ელემენტების მიქმელები: ასე, მატალიაპ, რომ ალექსანქი მხლოპ ურთი წახ-

ნატი ინტეუსი (100), არსებული ვერტიკალური მიმართულებით მეოხე რიგის სიმეტრიის ღერძის მიქმედებით აუცილებელია კიდევ სამი ასეთი ვერტიკალური წახნაგის არსებობა, ხოლო ერთ-ერთი პირამიდისაგან მიმართულების L_4 ღერძის მიქმედებით განიხილვანება კიდევ ორი მათი ტიპი პირამიდისაგან წახნაგი.

მაშასადამე, ეს არსებობს ერთი წახნაგი (100), ადრეული სიმეტრიის პირამიდით ასეთი წახნაგი უნდა იყოს სურ ექვსი, ე.ი.: მიქმედული წახნაგი იქნება ქვესაფარის (კუბის) გამომსახველი წახნაგი.

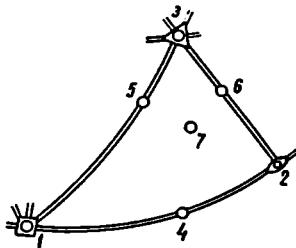
ამასთან გაკავშირებით, კრისტალიტრაფიში მიქმედულია ყოველი მარტივი ფორმის ადრეულნი მხილოპ მისი ერთი წახნაგის დეტეირის რაფანითა და სახედიტობრი წახნაგისა, რომელიც განიადრეულია დეტეირითა სხეურის რაფანით რაფანტეში და მისი ტრანსკრეტრეტრაფიული დეტეირი მოხაესებულია წინა, მარჯვენა, ზედა სხეურულ სამკუხებებში; განხილულ მარტივობაში ეს სამკუხებები (ნახ: III.20 რამეტრისული სამკუხებები) დეტეირითა სხეურის ზედაპირის ერთი ორმუცაბერევერია. ამ სამკუხებებში მისა და ფორმა რამეტრებულია კრისტალიტრაფიული ღერძთა რეარეტიონის ერთობლიობაზე და შეიძლება იყოს დეტეირითა სხეურის ზედაპირის მერევეტი, მეხაქვს-მეხევი, ან მეოცაბევეტი ნაწილიც.



ნახ: III.20 კუბის სიმეტრიის ელემენტების სტრუქტურეტრაფიული და წახნაგების ტრანსკრეტრეტრაფიული დეტეირები

ყოველი წერტილი, რომელიც მოხაესებული იქნება ადრეული სამკუხებების ფარგლებში, შეიძლება წარმოიქმნოს როგორც შესაბამისი მარტივი ფორმის წახნაგის ტრანსკრეტრეტრაფიული დეტეირი, რომელსა რაოტრეობაც ყოველი ფორმისაგანის განისაზღვრება არსებული სიმეტრიის ხარისხის მიხედვით; მიუხედავად იმისა, რომ სამკუხებები მეტი ასეთი წერტილი მოხაესებება, მათი შესაბამისი მარტივი ფორმები მხილოპ მუიონარი იქნება, მარტაყ, რეუნს მიერ განიოტეირ სამკუხებებში (ნახ: III.21) წერტილები შეიძლება განიადტეს: ა) სამკუხების წერტილები, რეუნს მუიონებუბაში სიმეტრიის ღერძების გამოსვლის წერტილები (1, 2 და 3); ბ) სამკუხების დეტეირებზე, სიმეტრიის სიმეტრეების დეტეირების განწერივ (წერტილები 4, 5 და 6) და გ) სამკუხების მიტეით, წახნაგის ტოტეირ განიადტების მუიონებუბა (წერტილი 7);

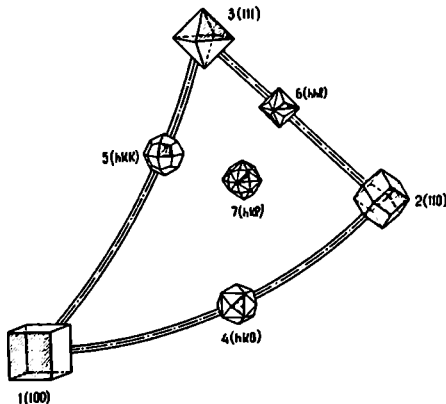
პირველი სამი წერტილი უძრავია და მათ უნდა შეესაბამებოდეს სამი მარტივი ფორმა, რომელიც შორის, როგორც უკვე ვთქვი, ერთ-ერთი პეტსავერია (ნახ.111.22). შემდეგი ოთხი წერტილი "მოძრავია", მაგრამ მიუხედავად ამისა, მათ ვრცელი შესაძლებელი მდებარეობა (სამკუთხედის ადგილებსა და მის შიგნით) გამოსახავს ერთი და იმავე შინაარსის მარტივი ფორმას.



ნახ:111.21.წებისშიგრი მარტივი ფორმის წახნაგის ენომოსტერეო-ტრაფიული დებშილების განლაგების შვიდი შესაძლებელი შემთხვევა

მაგალითად, წერტილი 4 (ნახ:111.21) მდებარეობს სამკუთხედის იმ ადგილზე, რომელიც ეკუთვნის წახნაგის წახნაგის წარმოადგენს, და, მათთანადავე, მისი შესაბამისი მარტივი ფორმის ეს წახნაგი იქნება ვერტიკალური მიმართულების, სადაც არ უნდა იყოს მოხავეშეული წერტილი 4. (1 და 2 წვეროებს შორის), შესაბამისი წახნაგი ვრცელდის ვერტიკალური მიმართულების იქნება და მისი ინდექსები მოგაპარ შეიძლება გამოვსახოთ (AKO)-თი, მოცემული სიმეტრიის ელემენტების ერთობლიობის შესაბამისად (90° , $3L_4$, $4L_3$, $6L_2$ და L_1 , ნახ.111.20) ეს ფორმა იქნება გეგმაპეტსავერია (ნახ:111.22). შვიდივე შესაძლებელი მარტივი ფორმავე გამოჩნდება არის ის წახნაგი, რომლის ენომოსტერეოტრაფიული

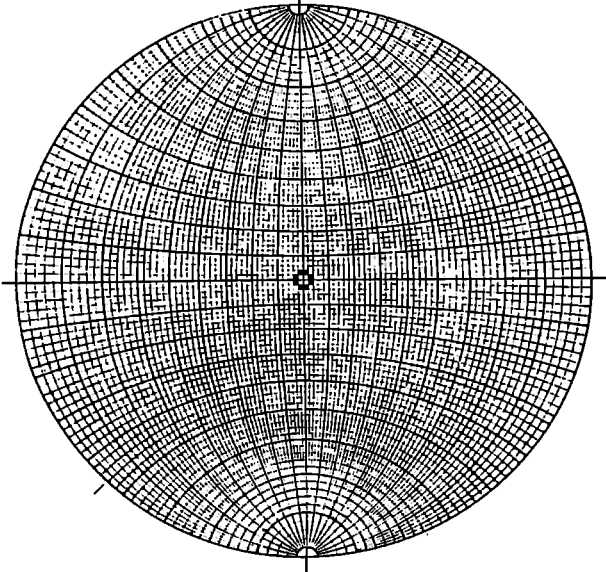
დებშილი განლაგებულია ადგილზე სტრუქტურულ სამკუთხედის ფარგლებში: მოცემული ოთხი წახნაგის მიხედვით ვერა შესაძლებელი. მარტივი ფორმის გამოყენება სხვადასხვა სიმეტრიის ბარისტიის პირიქედში უფრო დაწვრილებით განხილული იქნება IV თავში.



ნახ:111.22.წახნაგზე მოცემული შვიდი წერტილის შესაბამისი მარტივი ფორმები (გამჭრისხული წახნაგის ენომოსტერეოტრაფიული დებშილი განლაგებულია ადგილზე სტრუქტურულ სამკუთხედში)

ერთიმეორეში კრისტალების გამოშვით მიღებული მასალის დამუშავებისას-
 ვის სარგებლობენ ს ტ ვ რ ე ტ რ ა ფ ი უ რ ი ბ ა პ ე ე ბ ი ე , რომელია
 შირის ყველაზე გავრელებულია ე.წ.: ე უ რ ფ ი ს ბ ა პ ე ე (ნახ.111.23).
 იგი შემოღებულია რუსი კრისტალოგრაფის გ. ვულფის მიერ 1897 წ: და სხვა
 შადეების მსგავსად წარმოადგენს სფეროზე დაფუძნული მერკატორებისა და პარალელ-
 ბის სფეროტრაფიკ დევიციის, მაგრამ ადამუჯის განსაკუთრებული ხერხით.

ვულფის შადის ასადაბა შემოვხამო წრეხამი 10 სმ რადიუსით და ტავაფა-
 რით რჩი ურთიერშინაში დიამეტრი AA, და BB, (ნახ.111.24). დავითი წრე-
 ხამი 36 გორ ნაწილად, ე.წ. რკადის 10⁰ მიწაკვეთება. შემდეგ ყოველი მიწაკვე-
 თი დავითა კიდევ ხუთ ნაწილად და ჩვენ მივიღებთ შადის სამოლო სახეს, სადაც
 ყოველი დანაყოფი 2⁰-ის გორია (ნახამზე წრეხამი დავითიანი მხილო 10⁰ ინტერ-



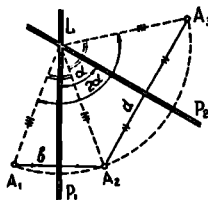
ნახ.111.23: ვულფის შადე

ვარი). მერიკიანების დასავეტშილებად ხევიის წერტილი მოვაავსოთ B
 წერტილი და დავავეტშილოთ სათანადო დანაყოფი AA, დიამეტრზე (ნახამის დამარ-
 გივიშისავეის დაფუძნულია მხილო დანაყოფების მუთხები ნაწილი 0⁰-დან 90⁰-მდე),
 მივიღებთ წერტილთა რიგს, რომლებიც ურთიანეისავეან არავეტი მიწილი იქნე-
 ბიან დაყოფილი. ყოველი წერტილზე უნდა დავაფაროთ დიდი წრეხამის რკადი
 B და B, შილუსებზე ტავით (ნახამზე ტავარებულია მხილო 4 ასევე რკადი).
 პარალელების დასავეტშილებად ტავივიანი ხევიის წერტილი A წერტილი
 და წრეხამის იგივე დანაყოფი დავავეტშილოთ ახლა BB, დიამეტრზე. მიღებულ
 წერტილებზე და წრეხამზე მიეხამე შესამამის დანაყოფებზე, ე.წ.: სამ წერტილზე
 58

Գանշոնի լուծումը սովորաբար շեղված է լինում, որովհետև լուծումը կախված է միջավայրի ցրվածությունից, որն անհավասար է լինում լուծման և լուծման շեղման հարթության միջև:

Սովորաբար I . սովորաբար կրկնակի լուծում է լինում, որովհետև լուծումը կախված է միջավայրի ցրվածությունից, որն անհավասար է լինում լուծման և լուծման շեղման հարթության միջև:

Ուղղանկյուն P_1 և P_2 սովորաբար կրկնակի լուծում է լինում, որովհետև լուծումը կախված է միջավայրի ցրվածությունից, որն անհավասար է լինում լուծման և լուծման շեղման հարթության միջև:



Նախ. IV. 2. Սովորաբար կրկնակի լուծում է լինում, որովհետև լուծումը կախված է միջավայրի ցրվածությունից, որն անհավասար է լինում լուծման և լուծման շեղման հարթության միջև:

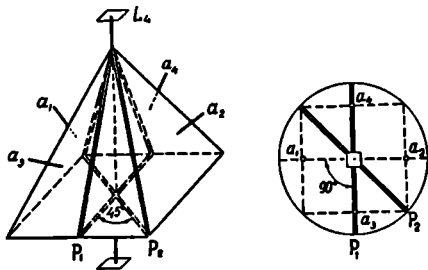
Մասնավորապես լուծում է լինում, որովհետև լուծումը կախված է միջավայրի ցրվածությունից, որն անհավասար է լինում լուծման և լուծման շեղման հարթության միջև:

Մասնավորապես լուծում է լինում, որովհետև լուծումը կախված է միջավայրի ցրվածությունից, որն անհավասար է լինում լուծման և լուծման շեղման հարթության միջև:

Մասնավորապես լուծում է լինում, որովհետև լուծումը կախված է միջավայրի ցրվածությունից, որն անհավասար է լինում լուծման և լուծման շեղման հարթության միջև:

Մասնավորապես լուծում է լինում, որովհետև լուծումը կախված է միջավայրի ցրվածությունից, որն անհավասար է լինում լուծման և լուծման շեղման հարթության միջև:

მეორე სიბრტყეა, რამდენიმე პირველი სიბრტყეა-
 მან წარმოიქმნა ორჯერ უფრო მცირე კუბებას,
 ე.ი. მეორე მცვემული ღერძის ელემენტარული მონ-
 რატორების კუბება. ამერიკის პასადენა, რომ სიმეტრიის მეორე სი-
 ბრტყე სიმეტრიის სანების ღერძის და სიბრტყის მოქმედების გრძელდება.



ნახ. IV.3: L_4 გრძელდება P_1 და P_2 სიბრტ-
 ყეების მოქმედებისა. ა-სიმეტრიული და ბ-
 სკვარტრალური გეომეტრია

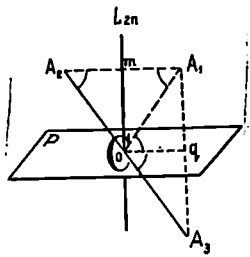
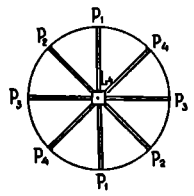
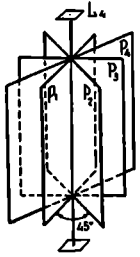
განხილული ლინიური გამომავალ შემდეგი გეომეტრია:

მეორე სიბრტყეა ან სიბრტყეების ღერძი, რამდენ-
 ძეგა და განვიხილო სიბრტყეების ურთიერთობის სიბრტყე-
 მანამ, მაშინ ამ ღერძზე განვიხილო სხვა სიბრტყე-
 გეა, რამდენიმე სხვა რამდენიმე გეგმა სიბრტყე-
 რის ღერძის რიცხვსა: ამ გეგმების პასადენა და პირველი

L_n სიმეტრიის ღერძი, რომლის ელემენტარული მონიტორების კუბზე $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$,
 სიბრტყე იქნება $n = \frac{360^\circ}{\alpha}$. მე ამ ღერძზე განვიხილო P_1 სიმეტრიის სიბრტყე,
 მაშინ შევხვდებით ლინიურ მანძილზე ამ ღერძზე უნდა გაიყოს P_2 სიბრტყე,
 რომელიც უნდა იქნება კუბზე, P_2 -ს უნდა მოსდევდეს P_3 სიბრ-
 ტყე, რომელიც უნდა იქნება იმავე $\alpha/2$ კუბზე უნდა იქნება და ა.შ. მაგრამ, როგორც
 ნახ. IV.4-დან ჩანს, სიმეტრიის ღერძზე გავიღო გრძელი სიბრტყე მეორეგა 180° -ის
 შემდეგ, ე.ი. შესაძლებელი სიბრტყეების რამდენობა იქნება $\frac{180^\circ}{\alpha/2} = \frac{360^\circ}{\alpha} = n$.

მაშასადამე, შესაძლებელი სიბრტყეების რამდენობა სიმეტრიის ღერძის რიცხვს უდრის.
 მეორე მხარე II. მე გვაქვს ურთიერთობა რამდენიმე სიბრტყეების ღერძი (L_{2n}) და ინტერ-
 სიბრტყეების (C), მაშინ ავსებდა მანძილზე უნდა იქნება ან სი-
 ბრტყეების სიბრტყეების სიბრტყეების მეორე სი-
 ბრტყეების მანძილზე განვიხილო.

მოკლულია წველი რიგის სიმეტრიის L_{2n} ღერძი (სადაც n მელი რიცხვა) და ინვერსიის ცენტრი (ნახ. IV.5). შეშინშიური A_1 წერტილი 180° -ის მოძრუების შედეგად გასაადგილებდა A_2 წერტილში (უკლებინაწინა მოძრუების კუხე წველი რიგის სიმეტრიის ღერძისა 180° -ის კუხეა, $\alpha = \frac{360^\circ}{2n} = \frac{180^\circ}{n}$), ხოლო ინვერსიის ცენტრის მოქმედების შედეგად A_2 გასაადგილებდა A_3 მდებარეობაში. გასაადგილებელია, რომ იგივე გასაადგილებდა (A_1 -დან A_3 -ში) შესაძლებელია,



ნახ. IV.4. L_4 ღერძზე ტაივლის ოხი სიმეტრიის სიმრგვა

ნახ. IV.5 ა წველი რიგის სიმეტრიის ღერძისა და ინვერსიის ცენტრის მოქმედების ტოქმეების გამრგვანა

მე A_1 წერტილის აკრეკლავთ P სიმრგვებში, რომელიც ტაივლის L_{2n} ღერძის მარჯობლარ O წერტილში. $\Delta A_1Om = \Delta A_2Om$, რადგან $A_1m = A_2m$ (აღებში) და Om საერთო გვერდია, ხოლო მათ შორის კუხე $\angle A_1mO = \angle A_2mO = 90^\circ$ (აღებში). მაშასაპამე, $\angle OA_1m = \angle OA_2m$ და $OA_1 = OA_2$. ახლა განვიხილოთ ΔOA_1q და ΔOA_2q . გვერდი $OA_1 = OA_2$ (აღებში), გვერდი Oq საერთოა. $Oq \parallel A_1A_2$, რადგან ისინი სიმეტრიის ღერძის მარჯობებია. $\angle A_1Oq = \angle OA_1m$, როგორც კუხეები. რადგან $\angle OA_1m = \angle OA_2m$, რადგან $\angle A_2Oq = \angle OA_2m$, როგორც მიმდებარე კუხეები. რადგან $\angle OA_1m = \angle OA_2m$, ამიტომ $\angle A_1Oq = \angle A_2Oq$. მაშასაპამე, $\Delta OA_1q = \Delta OA_2q$ (ორი გვერდისა და მათ შორის მდებარე კუხეების ტოლობის გამო). აქედან ვი $A_1q = A_2q$ და კუხეები $OqA_1 = OqA_2 = 90^\circ$. მაშასაპამე, L_{2n} ღერძის მარჯობდა P სიმრგვე არის სიმეტრიის სიმრგვე.

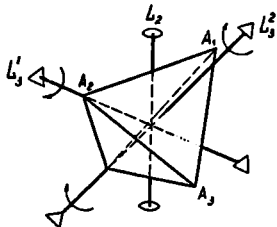
ეს აქორება შეძრუებულად შემდგენიარად გამოქმედის: მუ კრის ს- გ ა ლ ს ა ქ ე ს ი ნ ე ვ ე რ ს ი ი ს ც ე ნ ტ რ ი ს და ს ი მ ე ტ რ ი ს ს ი მ რ გ ვ ე , მ ა შ ი ნ ა მ კ რ ი ს გ ა ლ მ ი უ რ ე ა ტ ა რ ე - პ ე ს ს ი მ ე ტ რ ი ს ს ი მ რ გ ვ ე ს მ ა რ მ ე ტ რ ა პ ს ს ი მ ე - ტ რ ი ს მ ე ვ ე რ დ რ ი - ტ ი ს ტ ე რ ძ ე ი . ამ გებულების შემოწმება შესაძლებელია სხვადასხვა კრისგაღებზე, მაგალითად კრისგაღებზე, რომელიც გამობაძულია ნახ. IV.1-ზე, ან კუპრავული კვეთის მეორე პრიზმაზე და სხვ.

იგივე პრავული მნიშვნელობა აქვს მეორე აქორებშიდან გამომდინარე შედეგს, რომელიც შეიძლება ასე ჩამოვაყალიბოთ:

ღერძებს შორის 180° -იანი კუხების არსებობა ნიშნავს ორი პოლარული ღერძის შეხვედრას, ე.ი. მიპოლარული ღერძების არსებობას, აქნიშნულიდან ცხადია, რომ შეუძლებელია ერთ კრისტალში ორი შეუქუსე რიგის სიმეტრიის ღერძის არსებობა.

კუმბე ერთფორულია ტაყის L_2, L_3 და L_4 სიმეტრიის ღერძები (ნახ. IV.6). L_4 ღერძებს შორის კუხებე 90° -ია, L_2 ღერძებს შორის $-70^{\circ}31'44''$, ხოლო L_2 ღერძებს შორის კუხებე -90° და 60° . გარდა ამისა, კუხებე L_2 და L_4 შორის უნდა იყოს 45° , L_2 და L_3 შორის $-35^{\circ}15'52''$ და L_3 და L_4 შორის $-54^{\circ}44'08''$ (ნახ. IV.13). კრისტალში შეუძლებელია ერთფორულია არა მარტო L_2, L_3 არსებობა, არამედ L_2 და L_4 ან L_2 და L_3 .

წესიერ ტეტრაედრში, სიმეტრიის ორი შესაბამე რიგის ღერძების ტოლქმედი არის L_2 (ნახ. IV.9). L_3 ღერძებს შორის კუხებე უდრის $70^{\circ}31'44''$; ხოლო L_2 და L_3 შორის კუხებე ტოლია $54^{\circ}44'08''$, სურ ასევე ტეტრაედრში გაივიის $4L_3$ და $3L_2$.



ნახ. IV.9. წესიერ ტეტრაედრში L_2 ღერძი ტოლქმედია ორი L_3 ღერძის მოქმედებისა

სიმეტრიის ელემენტების შეჯამების

ტანხილური ეფორემები და მათი შედეგები გვიჩვენებს, რომ კრისტალში ამ ელემენტების ერთობლიობა გარკვეული კანონზომიერებებს ემორჩილება. ეს ეფორემები საშუალებას გვაძლევს დავაყვიროთ სიმეტრიის ელემენტთა ყველა შესაძლებელი ერთობლიობა რიცხვი.

§ IV. 2. კრისტალთა სიმეტრიის კლასები

შუნებაში არსებული კრისტალები მათეის დამახასიათებელი სიმეტრიის სახის მიხედვით, იყოფა სიმეტრიის კლასებად.

კრისტალური მრავალწახნაფის სიმეტრიის სახებე არის მასში არსებულ სიმეტრიის ელემენტთა სრული ერთობლიობა. ასე, მაგალითად, კრისტალში მხოლოდ მეოხე რიგის სიმეტრიის ღერძისა (L_4) და ინვერსიის ცენტრის (C) არსებობა არ გამოისახებს მისი სიმეტრიის სახებს, რადგან მეორე ეფორემის თანახმად უნდა არსებობდეს კიდევ სიმეტრიის სიმრცე (ρ), რომელიც გაივიის სიმეტრიის ღერძის მარტოზულია (როგორც არსებული სიმეტრიის ელემენტების ტოლქმედი). მამასაბამე, აღებული კრისტალის სიმეტრიის სახის ფორმაც იქნება L_4CP .

ს ი მ ე ტ რ ი ი ს უ რ ა ს ი ა რ ი ს ი მ უ რ ი ს ტ ა რ ე ბ ი ს (რ ა ს რ უ რ ე ბ უ რ ე ა ვ ე ე ბ ი ს) უ რ თ ე ბ რ ი კ ბ ა , რ თ მ ე ბ ა ს ა ე უ რ თ ე ა ი რ ი ს ი მ ე ტ რ ი ი ს ს ა ხ ე ა ე ე თ .

ყველა კლას აქვს დასახელება და მისი სიმეტრიის გამახასიათებელი ფორმულა, ცხადია, რომ სიმეტრიის კლასთა რაოდენობა იქნება იმდენივე, რამდენი სიმეტრიის სახის არსებობაა არის შესაძლებელი. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კრისტალოგრაფიაში არსებობს განსაკუთრებული ფორმების სახეობის სიმეტრიის 32 სახე. პირველად ეს რიგები გამოყვანილი იყო 1830 წ. ჟ. ტალეის მიერ, ხოლო შემდეგ სიმეტრიის 32 სახე გამოკვლია იქნა სხვადასხვა ავტორების მიერ უფრო მარტივი ხერხით; ჩვენ გავყენებთ, მათგან ერთ-ერთს, სიმეტრიის სახეობების გამოყვანის იმ გზას, რომელიც მოგვცა ა. ვ. გაპოლინმა 1867 წელს ტალეის კვლევების საფუძველზე.

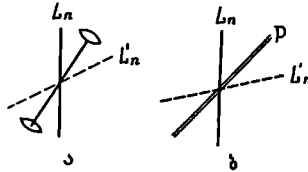
ყველა განსაკუთრებული მრავალწახნაგი შეიძლება გავყოთ ორ ჯგუფად: პირველ **A** ჯგუფში მოვათავსოთ ისეთი მრავალწახნაგები, რომელთა სიმეტრიის ელემენტთა შორის ან არ არის სიმეტრიის ღერძი მეორე რიგზე უფრო მაღალი რიგისა, ან აუ არის, მაშინ მათი რაოდენობა არ უნდა იყოს ურთვე მეტი. მეორე **B** ჯგუფში კი იქნება ისეთი კრისტალები, რომლებსაც აქვთ რამდენიმე სიმეტრიის ღერძი L_n , სადაც $n > 2$.

პირველი ჯგუფის კრისტალებს აქვთ ისეთი მიმართულება, რომელიც არ მეორდება, ე.წ. უ რ თ ე ბ რ ი კ ი მ ი მ ა რ თ ე უ რ ე ბ ა . მაგალითად, პეპსიგონურ პრიზმაში (ნახ. IV.8) ურთვეკალური მიმართულებების ღერძი (რომელიც ემხვევა L_4) ურთვერთი მიმართულებაა, მაშინ როდესაც ყველა განმარტნი მიმართულება (ჰორიზონტალური ან პარალილი) კრისტალში მეორდება ექვს-ექვსჯერ და წარმოადგენს ე.წ. ს ი მ ე ტ რ ი უ რ ა ს ი ა რ ი ს ი მ ე ტ რ ი ე ბ ი ს .

ფორმალურ პირამიდაში (ნახ. IV.9) ურთვერთი მიმართულება L_4 ღერძის მიმართულებაა. ყველა განმარტნი მიმართულება კი განმეორდება ან ოთხჯერ, ან იგი გვეს სიმეტრიის სიბრტყეში ან რვაჯერ, ან მიმართულება სიბრტყეებს შორის გაიკრის.

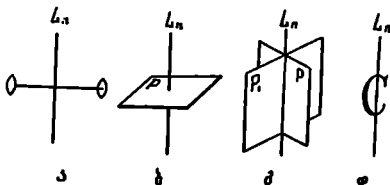
კუბში არც ერთი მიმართულება არ არის განმეორებული (ნახ. II.6), ე.წ. ნუბნისებურ მიმართულებას ექნება სიმეტრიულად ტოლი რამდენიმე მიმართულება.

იმიტომაც, რომ კრისტალში ურთვერთი მიმართულება იყოს, საჭიროა ასეთი კრისტალში არ არსებობდეს აღნიშნული მიმართულების მიმართ პარალილი სიმეტრიის სიბრტყე ან ღერძი. ასეთი სიმეტრიის ელემენტის არსებობა აუცილებლად გამოიწვევს ურთვერთი მიმართულების განმეორებას (ნახ. IV.10). კრისტალში ურთვერთი მიმართულება იარსებებს (ე.წ. არ განმეორდება) მხოლოდ იმ შემთხვევაში, ან ან მიმართულების მარტობლად არსებობს: მეორე რიგის სიმეტრიის ღერძი (ან ღერძები).



ნახ. IV.10. პარალილი სიმეტრიის ღერძი (ა) ან სიბრტყე (ბ) იწვევს ურთვერთი მიმართულების (L_n -ის) განმეორებას (L_n .)

(ნახ. IV.11 ა) ან სიმეტრიის სიმბრევე (ნახ. IV.11 ბ). მიუკუმდური მიმართულებების გამეორებას არ იწვევს აგრეთვე მასზე გამთავარი სიმეტრიის სიმბრევე (ან სიმბრევე-ვში) და არც იწვევს იის ეტნტროს არსებობა (ნახ. IV.11 გ და დ).



ნახ. IV.11. ერთაეროი მიმართულება (L_n) არ
 ტანმეორება, Ⴡუ არსებობს $L_n \perp L_n$ (ა), $L_n \parallel P$
 (ბ), $L_n \parallel P$ (გ) და იწვევს იის ეტნტროს (დ)

მამასაპამე, ატრინმწერი სიმეტრიის ელემენტების ტამაფება (ყალ-ყალკე ან ერთაე) მიუკუმდური რაიმე საწვინი მიმართულებისათვის, რთორყ ერთაეროი მიმართულებისათვის, პასამეებობა.

აქსანტიმწავთა, რომ რაყ უფრო ტამართა ერისყალის სიმეტრიის სახე (ხარისხი), მიო უფრო მეტთა ერთაეროი მიმართულებათა რთხევი. B ჯტუფის ერისყალებში ერთაეროი მიმართულებში არ არსებობენ.

ტამოეიყვანთო სიმეტრიის შესაძლებელი სახეები A და B ჯტუფის ერისყალებისათვის ყალ-ყალკე.

A ჯტუფის ერისყალების სიმეტრიის სახეების ტამოეყვანა

ამ ჯტუფში შემავალი მრავალწახნაგებს შეიწვე რიგზე მარჯალი რიგის სიმეტრიის ეტრძი არ უნდა ჰქონდეს ერთაე მეტე; ამოგომ ამ მიმსყალებს სჯო ყოთა ერთო მათეყ უნდა ჰქონდეს ერთაეროი მიმართულება. ასეო საწვინს მიმართულება შეიძლება მიეიწინოთ სხვატასხვა რიგის ან სიმეტრიის ან იწვევს იის ეტრძევი და შემიძლე ყველა შესაძლებელი სიმეტრიის სახის პასაპტეაპ უნდა მიეუმაყო მათ ყალ-ყალკე მეომო ტანხილული პასამეები სიმეტრიის ელემენტები, რომელთა არსებობაყ არ მისამობს ერთაეროი მიმართულებებს (ნახ. IV.11); პასასრულის უნდა ტავუშ-ვაო ტამაფებული სიმეტრიის ელემენტთა ერთაეროი არსებობაყ. საწვინს მიმართულებაყ ჯტრ სიმეტრიის ეტრძევი ტანხიბილოო.

1) ერისყალებში, რომელმსაყ აქვო მხოლოე თოთო სიმეტრიის ეტრძი L_n , საპაყ n შეიძლება იყოს $1, 2, 3, 4$, და 6 , საწვინს სიმეტრიის ელემენტის მეტევი პირველი ხეო სიმეტრიის სახე იქნება L_1, L_2, L_3, L_4 და L_6 სიმეტრიის ეტრძის მეტევი ერისყალები (იხილეთ ტამეულა IV.1. პირველი სტრიქონი).

ფიგურა IV.1

A კლასის კონიგურაციების სიმეტრიის სახეები

№/ რიგზე	სიმეტრიული მუცხეკანანი	სიმეტრიის კონიგურაციების ერთობლიობა			
		$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$
1	საწყისია სიმეტრიის წერტილი (L_n)	L_1	L_2	L_3	L_4
2	ემაკება ინვერსიის ანტი (C)	C	$L_1 C P$	$L_3 C$	$L_4 C P$
3	ემაკება წერტილზე გამავალი სიმეტრია (IP)	P	$L_2 2P$	$L_3 3P$	$L_4 4P$
4	ემაკება წერტილის მართობი სიმეტრია (IP)	P^*	$L_2 P C^*$	$L_3 P^*$	$L_4 P C^*$
5	ემაკება წერტილის მართობი L_2 (IL_n)	L_2^*	$3L_2$	$L_3 3L_2$	$L_4 4L_2$
6	ემაკება წერტილის მართობი IP და IL_2	$L_2 P C^*$	$3L_2 3P C$	$L_3 3L_2 3P C$	$L_4 4L_2 3P C$
7	საწყისია ინვერსიის წერტილი (Si_n)	$Si_1 = C^*$	$Si_2 = P^*$	$Si_3 = L_3 C^*$	Si_4
8	ემაკება ($IP IL_2$)	-	-	-	$Si_4 2L_2 2P$ $L_3 3L_2 4P$

გამსკვლევი კონიგურაციები სიმეტრიის ის სახეები, რომელიც მუცხეკანა

2) მივუმაგოთ აქვებურ საწყისი მიმარჯვლებანი ინვერსიის ცენტრი, მივიღებ სიმეტრიის კიდევ ახალ ხუთ სახეს. მაგრამ მეორე ჯერზემის დაწინააღმდეგობა არის სტაბილური, სადაც წვერილი რიგის სიმეტრიის ღერძი გვაქვს და ვუმატებთ ინვერსიის ცენტრს, ავსივლიდაც უნდა არსებობდეს ღერძის მარჯობი მიმარჯვლების სიმეტრიის სიმეტრეც. მაშასადამე, მივიღებთ კიდევ სიმეტრიის ხუთ ახალ სახეს: C, L_2CP, L_3C, L_4CP და L_5CP (იხ. ტაბულა IV.1 მეორე სტრიქონი). შესაბამისად სიმეტრიის სიმეტრიის სახე წარმოადგენდა მხოლოდ სიმეტრიის n -ის (L_3 და C) ელემენტებს. ასევე შემხვევებით ჩვენ ვიყიბთ, რომ უნდა არსებობდეს სიმეტრიის შესაბამის ელემენტებს-მათი ცენტრები. მაშასადამე, აქ არის კიდევ შესაბამის რიგის ინვერსიის ღერძი (Bi), რომელიც ემხვევა L_3 ღერძს.

3) გავუმაგოთ საწყისი მიმარჯვლებანი მასზე გამავალი სიმეტრიის სიმეტრეც. პირველი ჯერზემის შედეგის დაწინააღმდეგობა სიმეტრიის ყოველი ღერძზე გაივლის ინტენი სიმეტრიის სიმეტრეც, რომელი რიგისაა არის ღერძი, მაშასადამე, მივიღებთ სიმეტრიის კიდევ ხუთ ახალ სახეს: P, L_2P, L_3P, L_4P და L_5P (ტაბულა IV.1. შესაბამის სტრიქონი).

4) გავუმაგოთ საწყისი მიმარჯვლებანი სიმეტრიის სიმეტრეც ღერძის მარჯობი მიმარჯვლებანი. ამ შემთხვევების შედეგად მიღებული სიმეტრიის ხუთი სახე იმეორებს უკვე მიღებულ სახეებს. რამდენი წვერილი რიგის სიმეტრიის ღერძისა და მისი მარჯობი სიმეტრიის სიმეტრეცის ურთიერთობა აპირობებს ინვერსიის ცენტრის არსებობასა, რაც უკვე გვაქვს და განხილული ინვერსიის ცენტრის დაწინააღმდეგობა, ხოლო კიდევ რიგის ღერძები L_1 , მოცემის მხოლოდ P -ს არსებობას, რაც უკვე განვიხილეთ $n = 1$ სვეტის შესაბამის სტრიქონში (იხ. ტაბულა IV.1) და L_2 ღერძი კი მოცემის სიმეტრიის L_3P სახეს, რომელიც როგორც უკვე ვიყიბთ იტყვება, რაც ინვერსიის ღერძი შევქვს რიგისა (Bi), ამიტომ სიმეტრიის ეს სახე განხილული იქნება უკვე, როგორც საწყისი ელემენტებზე მივირჩევთ ინვერსიის ღერძებს (იხ. $n = 6$ სვეტის მეშვიდე სტრიქონი). როგორც ვხედავთ, მარჯობი სიმეტრეცის დაწინააღმდეგობა შეიძლება არ მივიყოთ მხვევებთან.

5) გავუმაგოთ საწყისი მიმარჯვლების მარჯობა მეორე რიგის სიმეტრიის ღერძი. ვიღერის ჯერზემის შედეგის დაწინააღმდეგობა ასევე ღერძი გაივლის ინტენი, რომელი რიგის სიმეტრიის ღერძიც გვაქვს. მივიღებთ კიდევ სიმეტრიის ხუთ სახეს: $L_2, L_2 + 2L_2 = 3L_2, L_3, 3L_3, L_4, 4L_4$ და $L_5, 6L_5$, სადაც L_2 იმეორებს აგრე მიღებულ სიმეტრიის სახეს ($n = 1$ სვეტის 1 სტრიქონი) დაწინააღმდეგობა იხილავს კი ახალი.

6) ეხლა განვიხილოთ შესაძლებელი სიმეტრიის სახეები, რომლებიც წარმოიშობა ღერძზე გამავალი სიმეტრისა და მარჯობი L_2 ღერძის ურთიერთობა დაწინააღმდეგობა. ამ შემთხვევების შედეგად მივიღებთ კიდევ სიმეტრიის ხუთ სახეს: $L_2, PL, 3L_2, 3PL, L_3, 3L_3, 3PL, L_4, 4L_4, 4PL$, სადაც პირველი სახე იმეორებს ტაბულა IV.1-ის $n = 2$ სვეტის მეორე სტრიქონში აღნიშნული სიმეტრიის ელემენტებს ურთიერთობას და მაშასადამე, მივიღებთ მხოლოდ სიმეტრიის მათ ახალ სახეს.

განვიხილოთ საწყისი მიმარჯვლების სახის ინვერსიის ღერძები: Bi, Bi_2, Bi_3, Bi_4 და Bi_5

7) კონსტრუირებ, რომლებსაც ექნებათ საწყისი მიმარჯვლები მხოლოდ აქვებურ ინვერსიის ღერძები, მოცემულ კიდევ სიმეტრიის ხუთ სახეს, მაგრამ როგორც უკვე ვიყიბთ, გვაქვს ეს ღერძი, გარდა Bi_4 შეიძლება შეიყვაროს სიმეტრიის სხვა ელემენტებთან.

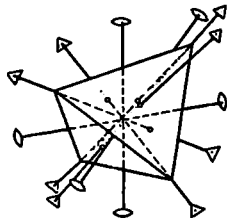
ასე, მაგალითად, $\overline{O_1} = C$, $\overline{O_2} = P$, $\overline{O_3} = L_3 P$ და $\overline{O_4} = L_3 P$, აქედან პირ-
ველი სამი სიმეტრიის სახე იმეორებს ანერ განხილულ შემთხვევებს და მივიღებთ
მხოლოდ ორ ახალ სახეს $\overline{O_4}$ და $\overline{O_6}$ (ან $L_3 P$).

8) ამ ორ ღერძს რომ მივუმატოთ შესაბამისი სიმეტრიის ელემენტები, მივი-
ღებთ უკვე განხილულ სიმეტრიის სახეებს, დაჩა ომ შემთხვევისა, როგესაც ვრ-
ძაროვად ვუმატებთ ღერძზე გამავალ სიმეტრიის სიმრგვევებს ან მის მარჯვ
ღერძებს. ამ მოქმედების შედეგად მივიღებთ სიმეტრიის კიდევ ახალ ორ სახეს:
 $\overline{O_4}$, $2L_2$, $2P$ და L_3 , $3L_2$, $4P$.

ამრიგად, მივიღებთ A ჯგუფის კრისტალგუნისათვის სიმეტრიის 27 სახის
ანსუბოთის შესაძლებლობა (აბაზლა IV.1).

B ჯგუფის კრისტალგუნის სიმეტრიის სახეების გამოყვანა

განვიხილოთ ისეთი მრავალწახნაგები, რომლებსაც ექნებათ მეორე რიგის
სიმეტრიის ღერძზე უფრო მაღალი რიგის ერთი მეტი ღერძი, მათ ში-
რის შვიტდება შედგენის კრისტალები, რომლებსაც ექნებათ რამდენიმე L_2 ან L_4 ,
ღერძები და არ შედგებოდნა შედგენე რიგის ღერძი. კვბში, მაგალითად, სხვა
სიმეტრიის ელემენტებთან ერთად გვხვდება $3L_4$ და $4L_2$ (ნახ.11.6), შესიერ
ფორმადში კი გვაქვს ერთდროვად $4L_2$ (ნახ.1V.12). ამ ჯგუფის მრავალწახ-
ნაგებში არც ერთი მიმართულება არ იქნება ერთდროს მიმართულია. კრისტალგუნში



ნახ. IV. 12. შესიერ ფორმადის
აქვს $3L_4$ და $4L_2$ ღერძები

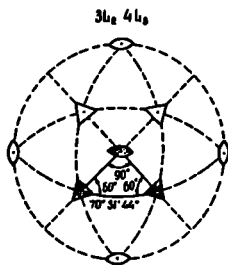
L_2 ხოლო ნესამე წვეროში იქნება L_2 ღერძის გამოსავალი. სურ შესაძლებელია ანსუ-
ბობებს ამ ღერძების სამკუხეების წვეროებში განლაგების ექვსი ვარიანტი. (ნხ.
აბაზლა IV.2).

რადგან სფერული სამკუხეების კუხეების ჯამი უნდა იყოს 180° -ზე მეტი,
ამიტომ აქრინული სამკუხეებებიდან რეალურად შესაძლებელია მხოლოდ მესამე და მეექვ-
სე სამკუხეებები. ესაბოთა, რომ ამ სამკუხეებებში შესაბამისი განმეორებით სფეროს
შეგამირი მთლიანად უნდა იფარებოდეს, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ.1V.13-ზე. წინააღ-
მდე შემთხვევაში ღერძებს კრის კუხეები გვრტაან ფოლი არ იქნება და მამასამდე
ანსუბული სიმეტრიაც დაიკრეცება.

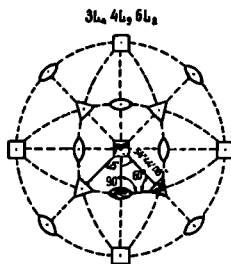
ნახ. IV.13-ზე მოცემულია ორივე შესაძლებელი სფერული სამკუთხედის სკე-
რეტრაფიკული დეტალი. პირველ შემთხვევაში ($L_3 L_3 L_2$) L_2 ღერძი არის
ვერტიკალური მიმართულებით, L_3 ღერძებს შორის კუთხე არის $71^{\circ}31'44''$ და გაბ-
რილია L_2 - ის მიმართ. მეორე რიგის სიმეტრიის ღერძის მიუხედავად აპირიმებს

ფაბულა IV.2

№ რიგზე	სიმეტრიის ღერძთა ეროობრიობა	შესაძამისი სფერული სამკუთხედის კუთხედების ჯამი
1	$L_4 L_4 L_2$	$90^{\circ} \quad 90^{\circ} \quad 90^{\circ} \quad 150^{\circ}$
2	$L_4 L_4 L_2$	$45^{\circ} \quad 45^{\circ} \quad 90^{\circ} \quad 180^{\circ}$
3	$L_3 L_3 L_2$	$60^{\circ} \quad 60^{\circ} \quad 90^{\circ} \quad 210^{\circ}$
4	$L_4 L_4 L_2$	$90^{\circ} \quad 45^{\circ} \quad 90^{\circ} \quad 165^{\circ}$
5	$L_4 L_3 L_2$	$90^{\circ} \quad 60^{\circ} \quad 90^{\circ} \quad 180^{\circ}$
6	$L_4 L_3 L_2$	$45^{\circ} \quad 60^{\circ} \quad 90^{\circ} \quad 195^{\circ}$



ა



ბ

ნახ. IV.13: სიმეტრიის ღერძების დეტალები: $3L_2, 4L_3$ (ა)
და $3L_4, 4L_3, 6L_2$ (ბ)

სამანაყო სიმეტრიული განლაგებით კიდევ ორი L_3 ღერძის არსებობას, სურ-
ღებდა $4L_3$. ყოველი L_3 ღერძის გარშემო კი, რაკი არსებობს ერთი L_2 ,
სიმეტრიულად განლაგებული უნდა იყოს კიდევ ორი L_2 ღერძის განმსაჯარი. სურ-
ღებდა $3L_2$, მათ შორის ორი განლაგებულია პირიმიზენტალურად (ნახ. IV.13 ა).
მამასაჟამე, განხილულ შემთხვევაში სურ ღებუნება $3L_2$ და $4L_3$ ღერძთა
ერთობრიობა, რომლებიც წარმოშობენ 24 სფერული სამკუთხედის ($L_3 L_3 L_2$).

მეორე შემთხვევაში (ნახ. IV.13 ბ) ჩვენ გვაქვს სფერული სამკუთხედი (L_4, L_3, L_2), L_4 განლაგებულია ვერტიკალურაპ, ხოლო L_3 და L_2 განხრილია ნახაბზე აწინდებულ კუთხეებში. L_4 ღერძის არსებობა მიიხსნება კიდევე სამი L_3 ღერძის სიმეტრიული განლაგებას (ანალიტიკურაპ პირველი შემთხვევისა), მივიღებთ სურ $4L_3$ და თავის გარშემო კიდევე $3L_2$ ღერძებს. ყოველი L_3 ღერძის გარშემო სიმეტრიულაპ უნდა განლაგდეს L_4 და L_2 ღერძების სამ-სამი განლაგალი. ამ აგებნის შედეგაპ სამოლოო ჯამში მივიღებთ $3L_4$ და $6L_2$ ღერძების არსებობას. მანასაპამვე, ამ შემთხვევაში სურ გვექნება $3L_4, 4L_3$ და $6L_2$ ღერძთა ერთობლიობა, რომელიც წარმოქმნის 48 სფერული სამკუთხედს.

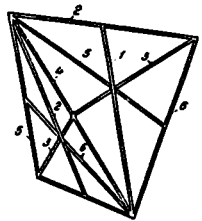
მიღებული სიმეტრიის ორი შესაძლებელი სახეობიდან სიმეტრიის საწყისი ღერძებაპ მივიჩნით უფრო მარტივი ერთობლიობა $3L_2, 4L_3$ და სიმეტრიის ყველა შესაძლებელი სახის გამომყვანისათვის მივუმატოთ მათ სიმეტრიის სათანადო ელემენტები ისე, როგორც მანავლანახაბთა A ჯგუფის შემთხვევაში. მივიღებთ სიმეტრიის შემდეგ სახეებს:

1) სიმეტრიის საწყისი სახე — $4L_3, 3L_2$.

2) მივუმატოთ საწყისი სიმეტრიის ინვერსიის ცენტრი, მივიღებთ სიმეტრიის ახალ სახეს $4L_3, 3L_2, C_3$ სიმეტრიის სამი სიმბრფევე უმატება მეორე ჯგუფის მანახაბა, რაგან გვექნება წყვილი რიგის სამი ღერძი, სიმეტრიის ყოველი სიმბრფევე გაივლის L_2 ღერძის მარჯობულაპ.

3) მივუმატოთ საწყისი ღერძებზე გამავალი სიმეტრიის სიმბრფევეები. პირველი ჯგუფის შემდეგის მანახაბა ყოველი L_3 ღერძზე გაივლის სამ-სამი სიმბრფევე, რომლებიც ამავე ორის გაივლის ორ-ორ L_3 -ზე და მათ შორის მდებარე L_2 -ზე. სურ გაივლის სიმეტრიის ასევე 6 სიმბრფევე და მივიღებთ სიმეტრიის ახალ სახეს $4L_3, 3L_2, 6P$. მანავლითსათვის ავილოთ წყვილი რიგის, რომელსაც, როგორც უკითხ, აქვს $4L_3$ და $3L_2$ (ნახ. IV.12). აქ სიმეტრიის სიმბრფევე გაივლის ორ-ორ L_3 -ზე და L_2 -ზე (მანავლითაპ, სიმბრფევე 1, ნახ. IV.14). სურ $6P$ მანახაბამვე, ყოველი P გაივლის წყვილი რიგის ექვსევე წიბრზე, მიპირაპპირაპ მდებარე წიბრის მარჯობი მიმარჯობები. აქსანიტხაპა, რომ ყოველი L_2 ამავე ორის არის $6P$.

4) მივუმატოთ საწყისი L_3 ღერძების მარჯობულაპ L_2 ღერძები (საწყისი L_3 ღერძების მარჯობულაპ უკვე არსებობს შესაბამისი L_2 ღერძები): ელემენტის ჯგუფის შემდეგის მანახაბა ყოველი L_3 ღერძის მარჯობულაპ გაივლის $3L_2$. მაგრამ რაგანაც თითოეული მანახაბი ერთობულაპ მარჯობულია ორ-ორი L_3 ღერ-



ნახ. IV.14. წესიერი ტეტრაედრზე გაივლის სიმეტრიის ექვსი სიმბრფევე

ძისა, ამიტომ სურ გაივლის $6L_2$. ამ ღერძების მანახაბით საწყისი $3L_2$ გატავა L_4 ღერძებში, რაგან ყოველი მანახაბი მარჯობულაპ ეხლა გაივლის ორ-ორი L_2 . სამოლოო მივიღებთ

კიდევე სიმეტრიის ერთ ახალ სახეს $4L_3, 3L_4, 6L_2$ სიმეტრიის ღერძთა ეს ერთობლიობა მვეთაპ გვექნება მიღებული (ნახ. IV.13 ბ).

5) განვიხილოთ შესაძლებელი სიმეტრიის სახე, რომელიც წარმოიქმნა ინვერსიის ცენტრისა, ღერძზე გამავალი სიმეტრიის სიმბრეყვებისა და მათი მარჯობი L_2 -ს ერთმანეთს გამაყვებით. მივიღებთ სიმეტრიის ელემენტთა ერთობლიობას $3L_4, 4L_2, 6L_2, 9PC$.

მავსაბამებ, B გჯუფის კრისტალბინსავეის მივიღებთ სიმეტრიის ხუეს სახე, რომელიც მივიღებთა ტაბულა IV.3-ში.

თაბულა IV.3
 B გჯუფის კრისტალბა სიმეტრიის სახეებში

№ რიგზე	სიმეტრიული მიუქმებებანი	სიმეტრიის ელემენტთა ერთობლიობა
1	სიმეტრიის საწყისი ღერძები	$3L_2, 4L_2$
2	ვმატება ინვერსიის ცენტრი (C)	$3L_2, 4L_2, C, 3P$
3	ვმატება ღერძებზე გამავალი სიმეტრიის სიმბრეყვ (IP)	$3L_2, 4L_2, 6P$
4	ვმატება ღერძების მარჯობი L_2	$3L_4, 4L_2, 6L_2$
5	ვმატება ერთმანეთს IP, L_2 და C	$3L_4, 4L_2, 6L_2, 9PC$

ამტვარაპ, პაპტენილია, რომ A და B გჯუფის კრისტალბინსავეის შესაძლებელია სიმეტრიის 32 სახის არსებობა (27 და 5): ამტვარაპ ვუვე პაპტენილია სიმეტრიის ვველა ამ კლასის შესაბამისი კრისტალბები და სათაბარო მიწერალოა წარმომადგენლები.

სიმეტრიის ვველა კლასი სავეისი სახელი აქვს (იხ.თაბულა IV.7). მატვრამ ამავე დროს ცნობილია სიმეტრიის სახეების ისეგი გჯუფური პასახელებაც, რომელიც ახასიათებს იმ სიმეტრიულ მიუქმებებს, რომლის თანმიმდევრობითი პაპტებით მივიღებთ სიმეტრიის ვველა შესაძლებელი კლასი. ასე, მატალითაპ, პრინციპული სიმეტრიის სახეში. ტარწიანებურთა მხლორ სიმეტრიის საწყისი ღერძები; ცენტრალური სიმეტრიის სახეს კი ვუქვანის ის კლასები, რომლებიც მივიღებთ საწყის მიმარჯულებზე ინვერსიის ცენტრის პამატებით. ასეგი იქვება სურ 6 კლასი (თაბულა IV.4). სიმეტრიის პლანარული სახეს წარმომადგენენ ის კლასები, რომლებიც მივიღებთ საწყის მიმარჯულებზე სიმეტრიის სიმბრეყვის ტვტვანით (6 კლასი). აქსიალური სახის კლასებში მომატებურთა სიმეტრიის საწყისი ღერძის მარჯობი L_2 ღერძები (5 კლასი). პლან-აქსიალური სახის კლასები მივიღებთ სიმეტრიის სიმბრეყვისა და მარჯობი L_2 სიმეტრიის ღერძის ერთმანეთს გამაყვებით (5 კლასი). ინვერსიულ-პრინციპული სახე ვწოდებთ იმ კლასს, რომელიც საწყისი მიმარჯულბა ინვერსიის ღერძებია. როტორც ვუვე ვივიე, ასეგი იქვება მხლორ ორი კლასი. სიმეტრიის ინვერსიულ-პლანარული სახე წარმომადგენლია იმ კლასებთ, რომლებიც მივიღებთ ინვერსიის საწყის ღერძებზე გამავალი სიმეტრიის სიმბრეყვების პამატებთ (იხ. თაბულა IV.4).

სიმეტრიის სახეობის ჯგუფური დასახელება	სიმეტრიის შესაბამისი კლასები					
პრიმიტიული	L_1	L_2	L_3	L_4	L_6	$3L_2, 4L_3$
ინვერსიული-პრიმიტიული				$6i_4$	$6i_6 (=L_3P)$	
ცენტრალური	C	L_2PC	L_3C	L_4CP	L_6CP	$3L_2, 4L_3, 3PC$
პლანარული	P	$L_2, 2P$	$L_3, 3P$	$L_4, 4P$	$L_6, 6P$	$3L_2, 4L_3, 6P$
ინვერსიული-პლანარული				$6i_4, 2L_2P$	$6i_6, 3L_2, 3P$	
აქსიალური		$3L_2$	$L_3, 3L_2$	$L_4, 4L_2$	$L_6, 6L_2$	$3L_2, 4L_3, 6L_2$
პლან-აქსიალური		$3L_2, 3PC$	$L_3, 3L_2, 3PC$	$L_4, 4L_2, 5PC$	$L_6, 6L_2, 7PC$	$3L_2, 4L_3, 6L_2, 9PC$

§ IV. 3. სიმეტრიის და ქაბოზირიბი

სიმეტრიის მიღებული 32 კლასი (სახე) დაყოფილია შვიდი ჯგუფად, რომლებსაც უწოდებენ სინეტრონიებს. ყოველი სინეტრონიში გააერთიანებულია სიმეტრიის ის კლასები, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდებიან სიმეტრიის სინეტრონის შიგნით. ეს კლასები ერთმანეთს უკავშირდებიან სიმეტრიის სინეტრონის შიგნით. ეს კლასები ერთმანეთს უკავშირდებიან სიმეტრიის სინეტრონის შიგნით.

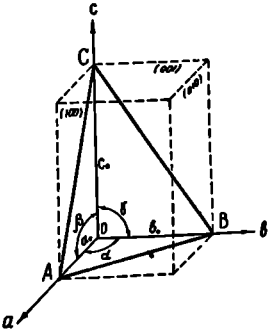
ასე, მაგალითად, ჭაბურღა IV.3-ში მიტყვილი სიმეტრიის ხუთივე კლასი (სახე) შეიცავს ცენტრალურ და პლანარულ კლასებს. მაგალითად, ცენტრალური კლასი $6i_4$ შეიცავს L_4 და $6i_4$ კლასებს. პლანარული კლასი $6i_6$ შეიცავს L_6 და $6i_6$ კლასებს. ასევე, პლანარული კლასი $6i_6$ შეიცავს L_6 და $6i_6$ კლასებს. ასევე, პლანარული კლასი $6i_6$ შეიცავს L_6 და $6i_6$ კლასებს.

ამავე დროს, აღსანიშნავია, რომ ყოველი სინეტრონი შეიცავს მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელი კრისტალური სისტემის კლასებს. მაგალითად, $6i_4$ სინეტრონი შეიცავს L_4 და $6i_4$ კლასებს. $6i_6$ სინეტრონი შეიცავს L_6 და $6i_6$ კლასებს. ასევე, პლანარული კლასი $6i_6$ შეიცავს L_6 და $6i_6$ კლასებს.

ესევე აღსანიშნავია, რომ ყოველი სინეტრონი შეიცავს მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელი კრისტალური სისტემის კლასებს. მაგალითად, $6i_4$ სინეტრონი შეიცავს L_4 და $6i_4$ კლასებს.

მეფრთხილის ელასტიკის ელემენტების, რომლებსაც აქვთ ელემენტარული პარალელეპიპედის მსგავსი კონსტრუქციები (სინტონია ბერძნულად ნიშნავს კუბის მსგავსობას). აგრძელები შეიქმნა სინტონია სახელით შემდეგი კონსტრუქციები:

1	ტრიკლინური	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
2	მონოკლინური	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90^\circ = \beta$
3	რომბული	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
4	ტრიგონული	$a = b \neq c$	$\alpha = 120^\circ \beta = \gamma = 90^\circ (C = L_3)$
5	ტეტრაგონული	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
6	ჰექსაგონური	$a = b \neq c$	$\alpha = 120^\circ \beta = \gamma = 90^\circ (C = L_6 \text{ ან } S_6)$
7	კუბური	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



ნახ. IV. 15. კრისტალის გეომეტრიული კონსტრუქციები

C ღერძის მიმართულია ემბედევა სათანადოდ შესაბამის, მეოთხე ან მეექვსე რიგის სიმეტრიის (ან ინვერსიის) ღერძი. ტრიგონული და ჰექსაგონური სინტონიების კრისტალების ელემენტარული პარალელეპიპედები მსგავსია, განსხვავდება მხოლოდ იმითა, რომ ელემენტარული წიბოს მიმართულია ემბედევა ერთ მუხებზეა L_3 და მეორე-ში კი L_6 სიმეტრიის ღერძები.

მეშვიდე სინტონიას კუბური იმიტომ ეწოდება, რომ აქ გარეგანებული კრისტალების ელემენტარული პარალელეპიპედის სამივე წიბო ურთიერთწინაა და ერთი და აქვს კუბის ფორმა:

სინტონიები კლასიფიკაცია სამი კატეგორიად: **რ ო მ ბ ა რ ი, ს ა მ ე უ ა რ ი**
რ ო მ ბ ა რ ი:

რ ო მ ბ ა რ ი უ ა ტ ე ტ რ ი ა მ ი გარეგანებულია ის სინტონიები, რომლებსაც მეორე რიგზე მაქვს რიგის სიმეტრიის ღერძი ანა აქვს და ახასიათებს სამი ან მეტი ურთიერთწინა მიმართული არსებობა. ასევე იხილეთ ტრიკლინური, მონოკლინური და რომბური სინტონიები.

სინტონიების სახელები დაკავშირებულია შემდეგ გარემოებასთან:

ტრიკლინური სინტონიის კრისტალის ელემენტარული პარალელეპიპედის სამივე წიბო (ღერძი) ურთიერთწინაა. კონი ბერძნულად ნიშნავს ნიშნავს, მაშასადამე სამივე წიბო ახასიათებს ტრიკლინური სინტონია იქნება.

მონოკლინური სინტონიის კრისტალში ელემენტარული პარალელეპიპედის მხოლოდ ერთი წიბო ახასიათებს, განმარტუნე იგი ურთიერთწინაა, ამიტომ სახელი იქნება ურთიერთწინა, ანუ მონოკლინური სინტონია.

რომელი სინტონიის კრისტალში ხშირად L_3 ღერძის მარტობა კუბის რომბის ფორმა აქვს.

ტრიგონული, ტეტრაგონული და ჰექსაგონური სინტონიის სახელები დაკავშირებულია იმასთან, რომ ამ კრისტალში ელემენტარული

სომეხების 32 კლასის (სახის) რაქვადება სომეხობის მიხედვით

კატეგორია	სომეხობა	ს ი თ ე ზ რ ი ს კ ა ს ე ბ ი (სახეები)												რამხანაურული სომეხობის (ან ინვესტიის) რუბლების აწმობა			
		L_1	$C (S_i)$														
სახლი	ფრიკონური	L_1															
	ბიზიკონური	L_2	$P(S_2)$	$L_2 PC$													
	რამბული	$L_2 2P$	$3L_2$	$3L_2 3PC$													
სამწველი	ფრიკონური	L_3	$L_3 C (S_i)$	$L_3 3L_2$	$L_3 3P$	$L_3 3L_2 3PC$											
	ბიზიკონური	L_4	$L_4 PC$	$L_4 4L_2$	$L_4 4P$	$L_4 4L_2 5PC$	S_{i4}	$S_{i4} 2L_2 2P$									
	პეპსიკონური	L_6	$L_6 PC$	$L_6 6L_2$	$L_6 6P$	$L_6 6L_2 7PC$	$L_6 P(S_{i6})$	$S_{i6} 3L_2 3P$									
სამწველი	კონური	$3L_2 4L_3$	$3L_2 4L_3 3PC$	$3L_2 4L_3 6L_2$	$3L_2 4L_3 6P$	$3L_2 4L_3 6L_2 9PC$											$4L_3$

სიმატრიის 22 კლასის აწინაშეები

ს ი ნ მ რ ი ა	ს ი მ ა ტ რ ი ი ს კ ლ ა ს ე ბ ი		ა რ ნ ი მ ე ნ ე ბ ი		
	სასაბუღალბა	სიმატრიის ფორ- მულა	მუხრეკვლის მიხედვით	დარჩან-მოღვის მიხედვით	მუხრეკვლის მიხედვით
1	2	3	4	5	6
ფრეკიონი	1. მონიერული 2. პინაკოიდური	L_1 C	1 $\bar{2}$	1 $\bar{1}$	L_1 S_2
ბინოკლიონი	3. რიკერულ-ეარშიანი 4. უღრმ-რიკერული 5. პინიბული	L_2 $P (G_2)$ L_2, PL	2 m 2 : m	2 m 2/m	C_2 C_{1A} C_{2A}
რიბული	6. რიბული-პირამიდული 7. რიბული-მეორეპირული 8. რიბული-ბიპირამიდული	$L_2, 2D$ $3L_2, 3PL$	2 : m 2 : 2 $m \cdot 2 : m$	$m m 2$ 2 2 2 $m m m$	L_{2v} D_2 D_{2A}
მეორეპირული	9. მეორეპირული-პირამიდული 10. მეორეპირული-ბიპირამიდული 11. მეორეპირული-ფრაკტოკოპირული 12. რიბული-მეორეპირული-პირამიდული 13. რიბული-მეორეპირული-ბიპირამიდული 14. მეორეპირული-მეორეპირული 15. მეორეპირული-სკალარული	L_4 $L_4 PL$ $L_4 H_{L_2}$ $L_4 4D$ $L_4 4L_2, 5PL$ G_{14} $G_{14}, 2L_2, 2D$	4 4 : m 4 : 2 4 : m $m \cdot 4 : m$ $\bar{4}$ $\bar{4} \cdot m$	4 4/m 4 2 2 4 m m 4/m m m 4 $\bar{4} 2 m$	L_4 C_{4A} D_4 L_{4v} D_{4A} S_4 D_{2d}

ცატრელებუ

1	2	3	4	5	6
<p>კეცსატრეზი</p>	<p>16. კეცსატრეზ-პირამიდევი 17. კეცსატრეზ-ბიპირამიდევი 18. კეცსატრეზ-ფრაკუტევი 19. კეცსატრეზ-პირამიდევი 20. კეცსატრეზ-ბიპირამიდევი 21. ფრეტირეზ-ბიპირამიდევი 22. რეტირეზ-ბიპირამიდევი</p>	<p>L_4, PC $L_4, 6L_2$ $L_4, 6P$ $L_4, 6L_2, 7PC$ $L_4, P(6L_4)$ $L_3, 3L_4, 4P(6L_4, 3L_2, 3P)$</p>	<p>6 $6 : m$ $6 : 2$ $6 \cdot m$ $m \cdot 6 : m$ $9 : m$ $m \cdot 3 : m$</p>	<p>6 $6/m$ $6 \cdot 2 \cdot 2$ $6 \cdot m \cdot m$ $6 \cdot m \cdot m \cdot m$ 6 $6 \cdot 2 \cdot m$</p>	<p>C_6 C_{48} D_6 C_{12} D_{24} C_{24} D_{36}</p>
<p>ფრეტირევი</p>	<p>23. ფრეტირე-პირამიდევი 24. რეტირევი 25. ფრეტირე-ფრაკუტევი 26. რეტირე-პირამიდევი 27. რეტირე-კუბიკევი</p>	<p>L_3 L_4, C $L_3, 3L_2$ $L_3, 3P$ $L_3, 3L_2, 3PC$</p>	<p>3 6 $3 : 2$ $3 \cdot m$ $6 \cdot m$</p>	<p>3 3 $3 \cdot 2$ $3 \cdot m$ $3 \cdot m$</p>	<p>L_3 S_6 D_3 C_{36} D_{36}</p>
<p>კუბიკი</p>	<p>28. კუბიკე-ფრეტირევი 29. რეტირევი 30. კუბიკე-ფრაკუტევი 31. კუბიკე-ფრეტირევი 32. კუბიკე-კუბიკევი</p>	<p>$3L_2, 4L_3$ $3L_2, 4L_3, 3PC$ $3L_2, 4L_3, 6P$ $3L_2, 4L_3, 6L_2$ $3L_2, 4L_3, 6L_2, 9PC$</p>	<p>$3/2$ $6/2$ $3/4$ $3/4$ $6/4$</p>	<p>$2 \cdot 3$ $m \cdot 3$ $4 \cdot 3 \cdot m$ $4 \cdot 3 \cdot 2$ $m \cdot 3 \cdot m$</p>	<p>T T_4 T_d O O_h</p>

იქნება $L_2, 4D$ რომელი მიწისპირის სიშტერის კლასი ($3L_2, 3PL$), აქ-
 ნიშნება $2/m, 2/m, 2/m$, ჩვეულებრივად ამ გამოსახვლას ვიძვე ამარტივებენ და
 წერენ m, m, m (სამი ურთიერთმართობი სიშტერის სიბრტევი წარმოიშობს სამ ურთიერ-
 მართობ L_2 და L). ინვერსიის ღერძები აღინიშნება რიგის შესაბამისი ყიფ-
 რის მდებარეობის¹ გასწივ. მაგალითად, $\beta = \beta'_6 = L_2 P$. კუბურ სინტონიაში
 23 ნიშნავს $3L_2$ და $4L_3$ ღერძების არსებობას და სხვ. (იხ. ტაბულა IV.7).

§ 15. 5. ქაჩინბალთა ოკიდინებასიან ლეგამონის შიგამთ
 და მარბინი უორამონის გავლანანა

კრისტალის გასარტევაპ, ანუ მისი სინტონიის, სიშტერის სახისა და მასზე
 განვიშარებელი მარტივი ფორმების წახანადების პასაპტენაპ, უპირველეს ყოვლისა
 საჭიროა მისი სათანადო ორიენტაციისა მერტიული კრისტალოგრაფიული ღერძების მი-
 მარა; რაყ გვლისხმობს მასზე კ რ ი ს ტ ა ლ ი ტ რ ა ფ ი ე ვ ლ ი რ დ ე მ ე-
 მ ი ს მ ე რ ჩ ე ვ ე ა ს და ე რ ე ვ ე ვ ლ ი წ ა ხ ნ ა ტ ი ს და რ ე ვ ე-
 ნ ა ს. კრისტალოგრაფიული ღერძებს აფარებენ კრისტალზე არსებული (ან შესაძლებე-
 ლი) ურთიერგეგამკვეთი წიბოების პარალელურაპ, უ:ი. იმ მიმარტელების პარალელურ-
 რაპ, რომლებიყ მოყვებული კრისტალური მესტის რიგების პარალელურია იქ, სადაყ ეს
 შესაძლებელია: უპირატესობას აძლევენ იმ წიბოების მიმარტელებას, რომლებიყ
 ემხებულა სიშტერის ღერძებს ან სიშტერის სიბრტევის მარტობულია. გაფარებული ღერ-
 ძებშიდან არსებული წესების მიხედვით გამიჯვოფა პირველი (L), მეორე (L') და
 მესამე (L'') ღერძებს. კრისტალის ვიველეების იყურენ მეორე (L') ღერძით, რომე-
 ლიყ მიმარტელია მავურების პარალელურაპ, მესამე (L'') ღერძი ურტეოპარტონა,
 ხოლო პირველი (L) ღერძი მიმარტელია მავურებისაკენ. IV.8 ტაბულაში მოკლეპ
 მოყვანელია შეიპივე სინტონიის კრისტალის ორიენტაციის წესები ვველა სახის
 სიშტერის შემხებუვისსაყვის:

კრისტალის ორიენტაციის შემდეგ საჭიროა გავაპტინოფ მასზე არსებული სიშტე-
 რის ელებნტა ურტეობილია, რაყ მოტყუებს სიშტერის კლასის განსაძღერის საშუა-
 ლებას და რომელი მარტივი ფორმებისა განვიშარებელი კრისტალზე.

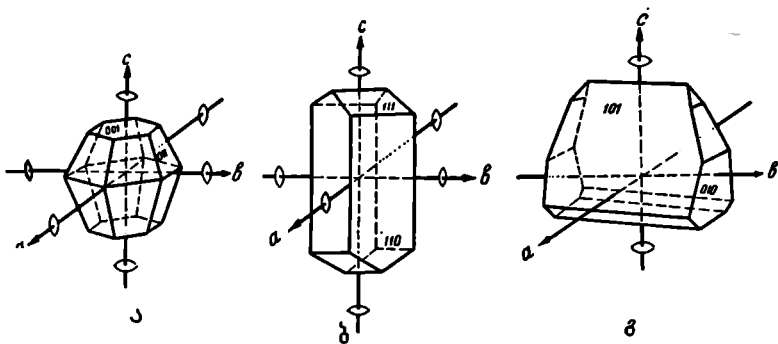
ქვემოფ განხილულია კრისტალა ორიენტაციის წესები ვველა სინტონიისაფ-
 ვის და ტარტიულია შესაძლებელი შეიპ-შეიპი მარტივი ფორმა სიშტერის ვველა კლას-
 სის მიხედვით:

A. ლანალე ქამფორმონის ინფორმონი

პამაღ კავტორიაში გაერტონანებულია ფრიკლინური, მონიკლინური და რომბუ-
 ლი სინტონიები, რომლებშიყ სამივე კრისტალოგრაფიული ღერძი ურთიერმარტელია.
 ტაუარჩიოფ უჯრ რომბული სინტონიის კრისტალში, რაპტან კრისტალოგრაფიული ღერ-
 ძებში აუ ურთიერმართობა და ამიფომ მათი სტერეოტრაფიული ტეპილიების გამოხაზ-
 ვა შეპარებიოფ უფრი მარტივია.

რომბული სინკლინი $\alpha \neq \beta = \gamma, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

რომბული სინკლინის სიმეტრიის სამივე კლასის კრისტალებში ყოველთვის არის სამ-სამი ურთაქრონი მიმართულება, რომლებსაც ღვირვან კრისტალოგრაფიული ღერძების მიმართულებაა. ეს მიმართულებები ყოველთვის ემხებვეთა ურთიერთმართობულ L_2 ღერძებს, გარდა რომბულ-პირამიდული კლასის კრისტალებში, სადაც მხოლოდ ერთი L_2 ღერძია და პანარჩენი ორი ღერძი ემხებვეთა აქ არსებული სიმეტრიის სიმბრეყვების მართობი მიმართულებებს. C ღერძად მიიჩნევენ ყველაზე გრძელი წიბოების პარალელურ სიმეტრიის ღერძს და აყენებენ მას ვერტიკალურად. β ღერძი იქნება საშუალო სიგრძის წიბოების პარალელური, რომლითაც იჭრენ კრისტალს და უმოკლესი წიბოების პარალელური ღერძი იქნება α ღერძი, მიმართული მავრებებისაკენ (ნახ. IV.16 ა და ბ). სიმეტრიის რომბულ-პირამიდული კლასში C ვერტიკალური ღერძი ემხებვეთა L_2 ღერძს, ხოლო $2P$ -ს მართობი მიმართულებები იქნება α და β ღერძები, რომელთაგანაც $\alpha < \beta$ (ნახ. IV.16 გ).



ნახ. IV.16. რომბული სინკლინის კრისტალებში კრისტალოგრაფიული ღერძები ან ემხებვეთა L_2 ღერძებს (ა,ბ) ან L_2 -ს და P -ს მართობი მიმართულებებს (გ)

ვრთული წახნაგაპ ირჩევენ ისეთ წახნაგს, რომელიც გააქვეთს სამივე ღერძს. ეს იქნება რომბული პირამიდის, ტეტრაედრის ან ბიპირამიდის წახნაგი. რაგან რომბული სინკლინი კრისტალოგრაფიული ღერძები ამავე ერთს ურთაქრონი მიმართულებებია, ამიტომ აქ არ შეიძლება ისეთი წახნაგის არსებობა, რომელიც მოკვეთს ღანაბარ პარამეტრებს. მაშასადამე ვრთული წახნაგის პარამეტრები $\alpha_0 \neq \beta_0 \neq \gamma_0$ (ნახ. IV.17).

მუსაძღველი მარტივი ფორმების გამოსავყვანად გამოვიყენოთ სფეროგრაფიული დეგმილები; ჯერ გავხაზოთ კრისტალოგრაფიული ღერძების დეგმილები (ნახ. IV.18). C ვერტიკალური ღერძის სფეროგრაფიული დეგმილი იქნება წრეხაზის ყუნწრში, ხოლო მისი მართობი α და β პერიპენდიკულური ღერძების დეგმილები გამოიხატება ურთიერთმართობი ორი რიამეტრის სახით. რომბული სინკლინის სიმეტრიის სამივე კლასის ყველა მუსაძღველი მარტივი ფორმის წინა, მარჯვენა, ზედა წახნაგის გრძობ - სფეროგრაფიული დეგმილი განლაგებული იქნება სფერული სამკუთხედის ფარგლებში, რომელიც ნახ. IV.18 ბ-ზე გამოჩნულია.

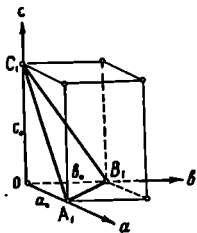
კრისტალა ორინვანთა

სინთონა და მისი ძირითადი კონსტანტები	სიმეტრიის კლასი	კრისტალოგრაფული სისტემის შემკვა
რომბული $a \neq b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$L_2, 2P$ $3L_2$ $3L_2, 3PC$	C სიმეტრიის მარტივობა L_2 -ს, ვერტიკალური, a, b და c სიმეტრიის მარტივობა, $a < b < c$ a, b და c სიმეტრიის ემბედავა $3L_2$ -ს, C ვერტიკალური, $a < b < c$
მონკლინური $a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	P L_2, PC	C სიმეტრიის მარტივობა P სიმეტრიის, a და c სიმეტრიის მარტივობა, a და c სიმეტრიის ემბედავა L_2 -ს, a და c სიმეტრიის მარტივობა, $a < b < c$ C სიმეტრიის მარტივობა, a და c სიმეტრიის ემბედავა L_2 -ს, a და c სიმეტრიის მარტივობა, $a < b < c$
ტრიკლინური $a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$	L_1 C L_4, PC	a, b და c სიმეტრიის მარტივობა, a და c სიმეტრიის ემბედავა L_2 -ს, a და c სიმეტრიის მარტივობა, $a < b < c$ C სიმეტრიის მარტივობა, a და c სიმეტრიის ემბედავა L_2 -ს, a და c სიმეტრიის მარტივობა, $a < b < c$
მართკუთხედიანი $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	L_4, PC	a, b და c სიმეტრიის მარტივობა, a და c სიმეტრიის ემბედავა L_2 -ს, a და c სიმეტრიის მარტივობა, $a < b < c$ C სიმეტრიის მარტივობა, a და c სიმეტრიის ემბედავა L_2 -ს, a და c სიმეტრიის მარტივობა, $a < b < c$

1	2	3
<p>დაბნაობი</p> <p>$\alpha = \beta \neq \gamma$</p> <p>$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>	<p>$L_4, 4P$</p> <p>$L_4, 4L_2, 5PC$</p> <p>$6i_4$</p> <p>$6i_4, 2L_2, 2P$</p>	<p>C რაში ემხვევა $L_4 - ს$, Δ და β პირბინჯაურია და მარბინია მკვირ-მკვირ-აპ ურბორბინბინბინ P სობმგვებინ (ორბინორი ორინგვკინა)</p> <p>C ემხვევა $L_4 - ს$, Δ და β ოლი რბინბინა, პირბინჯაურია და ემხვევა ურბორბინბინბინ მკვირ-მკვირ L_2 რბინბინ (ორბინორი ორინგვ.)</p> <p>C რაში ემხვევა $6i_4 - ს$, ვარგვკაურინა, Δ და β რბინბინ</p> <p>პარკაურინა $6i_4 - ს$ მარბინი მესკატელები რბინბინბინ</p> <p>C ემხვევა $6i_4 - ს$ ვარგვკაურინა: Δ და β რბინბინ ემხვევკინა L_2 რბინბინ</p>
<p>პესკატელები</p> <p>$\alpha = \beta = \alpha' \neq \gamma$</p> <p>$\alpha = 120^\circ$</p> <p>$\beta = \gamma = 90^\circ$</p> <p>C რაში ემხვევა</p> <p>L_6 ან $6i_6 - ს$</p>	<p>L_6, PC</p> <p>$L_6, 6P$</p> <p>$L_6, 6L_2$</p> <p>$L_6, 6L_2, 7PC$</p> <p>$6i_6$</p> <p>$6i_6, 3L_2, 3P$</p>	<p>C რაში ემხვევა $L_6 - ს$, ვარგვკაურინა, Δ, β და α' რბინბინ</p> <p>პარკაურინა L_6 რბინბინ მარბინი მესკატელები რბინბინბინ</p> <p>C რაში ემხვევა $L_6 - ს$, ვარგვკაურინა, Δ, β და α' რბინბინ მარბინია ურბინ ბინბინბინბინ სკბ-სკბინ P სობმგვინ (ორბინორი ორინგვკინა)</p> <p>C რაში ემხვევა $L_6 - ს$, ვარგვკაურინა, Δ, β და α' რბინბინ ემხვევკინა ურბინ ბინბინბინბინ სკბ-სკბ L_2 რბინბინ (ორბინორი ორინგვკინა)</p> <p>C რაში ემხვევა $6i_6 - ს$ ვარგვკაურინა, Δ, β და α' რბინბინ პარკაურინა $6i_6$ მარბინი მესკატელები რბინბინბინ</p> <p>C რაში ემხვევა $6i_6 - ს$, ვარგვკაურინა, Δ, β და α' რბინბინ ემხვევა $3L_2$ რბინბინ (პესკატელები პირბინჯაური რბინბინბინ ბავგვკინა სობმგვებინ მარბინი მინბინკინბინ)</p>

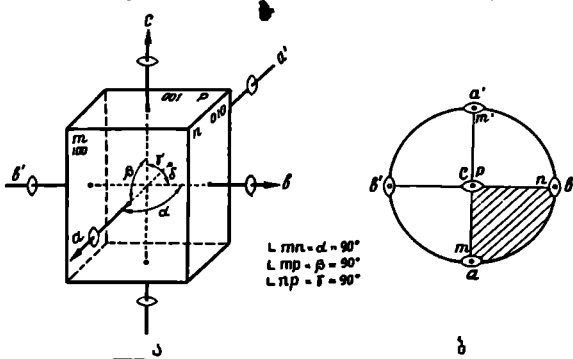
1	2	3
<p>წინააღმდეგობა</p> <p>$a = b = d \neq c$</p> <p>C ზედა კონტრუქცია</p> <p>$L_3 - b$</p>	<p>L_3</p> <p>$L_3 C$</p>	<p>C ზედა კონტრუქცია $L_3 - b$, ვარსკვლავური. a, b და d ზედა კონტრუქცია L_3 ზედა კონტრუქცია მარჯვნივ მარჯვნივ</p>
	<p>$L_3 3P$</p>	<p>C ზედა კონტრუქცია $L_3 - b$, ვარსკვლავური. a, b და d ზედა კონტრუქცია ან მარჯვნივ P სიბრტყის ან P სიბრტყის (ორნაირი ორივემართა)</p>
<p>კუბური</p> <p>$a = b = c$</p> <p>$a = b = \gamma = 90^\circ$</p>	<p>$L_3 3L_2$</p> <p>$L_3 3L_2 3PC$</p>	<p>a, b და c ზედა კონტრუქცია $3L_2 - b$</p>
	<p>$3L_2 4L_3$</p> <p>$3L_2 4L_3 3PC$</p>	<p>a, b და c ზედა კონტრუქცია $3L_2 - b$</p>
	<p>$3L_2 4L_3 6P$</p>	<p>a, b და c ზედა კონტრუქცია $3L_2 - b$ (ან $3b, 4 - b$)</p>
	<p>$3L_4 4L_3 6L_2$</p> <p>$3L_4 4L_3 6L_2 9PC$</p>	<p>a, b და c ზედა კონტრუქცია $3L_4 -$</p>

1. სიმეტრიის რომბულ-პირამიდულ ქლასში არსებობს L_x და მასზე გამავალი $2P$. სიმეტრიის მეორე რიგის ღერძი ვერტიკალურია და მას ემხვევა-
ვა C კრისტალოგრაფიული ღერძი. რადგან სიმეტრიის სიმბრევს ვერტიკალური მიმართულება აქვს, მისი დაბრუნებები განლაგდება ურთიერთმართობი ერთმეტრების სახით და მათასამდე, მათი მართობი A და B ღერძებზე გადმხვევიან სიმეტრიის სიმბრევებს (ნახ. IV.19).



ნახ. IV.17. რომბულ მესერში ვრცელი წახნაგის სამივე პირამიდური სხვადასხვა მიმოსა

პირველი შესაძლებელი მარტივი ფორმის დასაბუთება განვიხილოთ სფერული სამკუთხედის შიგნით მდებარე წერტილი, რომლის შესაბამისი წახნაგი იწვევა დახრილი სამივე კრისტალოგრაფიული ღერძის მიმართ მოგარი ინტენსივა (KxL): არსებული სიმეტრიის ელემენტების მოქმედებით აღებული დახრილი წახნაგი უნდა განვიხილოთ კიდევ სამჯერ და მათასამდე მივიღებთ რომბულ პირამიდას, რომელიც შედგება ოთხი ასიმეტრიული წახნაგისაგან. წახნაგები ასიმეტრიული არიან იმიტომ, რომ მათზე არც ერთი სიმეტრიის სიმბრევი არ გაივლის (ორივე P



ნახ. IV.18. რომბული სიმეტრიის კრისტალოგრაფიული ღერძების სფეროგრაფიული დაბრუნება

გაივლის პირამიდის წიბოებზე). ასეთი პირამიდა შეიძლება იყოს ორწახნაგა (KxL) ან ექვსა (KxL).

შემდეგ განვიხილოთ სფერული სამკუთხედის გვერდებზე მდებარე წერტილები. წერტილი 2-ს, რომელიც განლაგებულია სამკუთხედის იმ გვერდზე, რომელიც ამჟამად მართობია, შესაბამისა ვერტიკალური წახნაგი მოგარი ინტენსივა (KxO). სიმეტრიის არსებული ელემენტების მოქმედებით მივიღებთ ვერტიკალური მიმართულება-

1	2	3	4	5	6	7	8
<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>
<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>
<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>
<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>
<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>
<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>
<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>	<p>საბუდე-საბუდე 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>

ნახ. IV-19. რომელი სიმჭრის სიმჭრის კუბის შესაძლებელი ნარჩები რომელი (ყურებში აწინაშეობა ნარჩები რომელი სიმჭრის)

ბის III დვარის რომელი სიმჭრის (არ კვლავ მესამე დვარის), იგი შედგება იხი ასიმეტრიული წახანაგისაგან. სამკუხეების განარჩენ დვარებზე შედგარე წერტილებს (3 და 4) მესამეაზე რწახანაგა რომელი 3, 5. p o n p r j ბ ი. რაკი ეს წერტილები შედარაზედ წრეხანის შიგნით, მაგ მესამეაზედ განარჩი წახანაგები, რომელი ამავდ დრის განარჩიული იწერითან მესამეაზედ 3 (წერტილი 3) და 4 (წერტილი 4) დვარებისა, რაგან განარჩეული არიან მაგ მარხობებზე. ითვარი (წოდ) II დვარისა და (ძელ)-I დვარის, შედგებთან რწ-რწ მრისსიმჭრული წახანაგებისაგან (მაგდ ვარის სიმჭრის იხი სიმჭრე). განარჩენი სამი წერტილი (5, 6, 7) განარჩეულია სჯერული სამკუხეების წერტილებს. მესამე და მეექვსე რომელი წარმოდგენილია ვერტიკული მინარჩელების ურთივრეული და მ-

რადიური წყვილი წახნავებით, რომლებსაც ეწოდებოდა პირაკოიდებს. მას შორის პირველი პირაკოიდი-ფორმა 5, კუბის მხოლოდ 2 ღერძს (100) და მეორე პირაკოიდი (010) კუბის მხოლოდ 2 ღერძს. მეშვიდე წარმოადგენს სანჯახების შესამდე წყურბლა და ამავე ერთს წარუბადის ცენტრში, მისი შესაბამისი წახნავე პირამიდ-გალურია (001) ინტელსით, სიმეფრინის ამ კლასში ეს მონიერება, წარმოადგენდა რისიმეფრინული წახნავებით.

სიმეფრინის რომელი-პირამიდული კლასის შესაბამისი მინერალებიდან განვიხილოთ კლასში $Zr_2[Si_2O_7](OH)_2 \cdot H_2O$, რომელიცაა ერთგვარად განვითარებულია მუიოივე მარტვი ფორმა.

2. სიმეფრინის რომელი-გეფრადრული კლასში არსებობს $3L_2$, რომლებსაც ეძახებოდა კრისტალოგრაფიული ღერძები (ნახ. IV.19). რაგან ამ არს ერთ სიმეფრინის სიმრეფე არა გვაქვს, ყველა წახნავე იქნება ასიმეტრიული. პირველი მარტვი ფორმა მრავალი ინტელსებით (HKL) იქნება რომელიც გეფრადრული, რომელიც შეეგება 4 ასიმეტრიული წახნავესაგან (მოგვირ ამ ფორმას ეწოდებოდა აგრეფე მისფრინის). რომელიც გეფრადრული გვაძლევს ორ ენაგრომორფული (შეგავსებულ, სარკინებრ, ფოლ) ფორმას - მარჯვენას და მარცხენას (ნახ. IV.20) (HKL) და ($\bar{H}\bar{K}\bar{L}$) ინტელსებით.

მეშვიდე სიმი მარტვი ფორმა რომელიც პირამიდობა, რომელიც შეეგებოდა ომ-ომის ასიმეტრიული წახნავებისაგან და მიმართული არიან ამ შესამდე, ამ მეორე, ამ პირველი კრისტალოგრაფიული ღერძის პარალელურად (ნახ. IV.19), შესაბამისად გვექნება რომელიც პირამიდი III გვარის (HKL), II გვარის ($\bar{H}\bar{O}\bar{L}$) და I გვარის ($\bar{O}\bar{K}\bar{L}$).

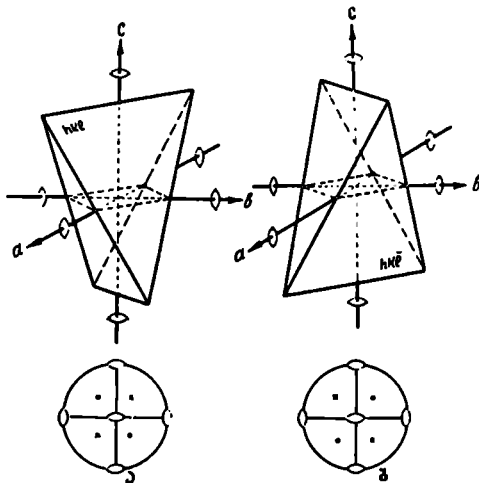
პანარტვი სიმი ფორმა პირაკოიდობა. ყოველი მათგანი წარმოადგენდა წყვილი, პარალელური და ფოლი ასიმეტრიული წახნავებით, რომელიც ყველან მხოლოდ ომის ღერძს. შესაბამისად გვექნება პირველი (100), მეორე (010) და შესამდე პირაკოიდობი. (001).

ნახ. IV.19-ზე მოყვნილი სიმეფრინის რომელი-გეფრადრული სახის შესაბამისი მინერალის (უფსომიფი - $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) კრისტალი, რომელიცაა ერთგვარად განვითარებულია 1, 2, 5 და 6 ფორმა.

3. სიმეფრინის რომელი-მიპირამიდული კლასი ამ სიმეფრინის ყველაზე ნაყოლი სიმეფრინის კლასია. მას ახასიაფებს $3L_2$, $3P$ და ინტელსის ცენტრი. ამასთან რაკავშირებოდა, პირველი მარტვი ფორმა მრავალი ინტელსით (HKL) ამ იქნება არა ომწახნავეა, არამე რვაწახნავეა. ეს იქნება რომელიც მიპირამიდა, რომელიც შეეგება რვა ასიმეტრიული წახნავესაგან. სამივე სიმეფრინის სიმრეფე გაივლია მხოლოდ მიპირამიფის წიმოებზე. მეორე, შესამდე და მეომე მარტვი ფორმა, ანალოგიურად წინა კლასისა (სამივე გვარის)- რომელიც პირამიდობა, მარტამ ესენი შეეგებოდა ომ-ომის მ მ ნ კ ს ი მ ე გ რ ი უ რ ი წახნავესაგან. პანარტვი სიმი ფორმაც სამწარში პირაკოიდა, წარმოადგენდა რისიმეფრინული წახნავებით.

სიმეფრინის ამ კლასში კრისტალებმა მრავალი წიფიერება, რომელიც შორის აქსანდიწავთა მინერალი ოლითინი (Mg, Fe) $_2 [Si O_4]$ მის კრისტალებზე ხშირად ერთგვარად განვითარებულია მუიოივე მარტვი ფორმა (ნახ. IV.19).

რომელიც სიმეფრინის განხილული სამივე სიმეფრინის კლასში რვედ აღვნიშნოთ სული 21 მარტვი ფორმა, მარტამ მას შორის ბუერი გომეფრინულად მეორეება და მე მას არ მივიღებო მხეფეველობაში გვექნება ერთმანეისაგან გომეფრინულად განს-



ნახ. IV.20. მარჯვენა (ა) და მარცხენა (ბ) რომბული ტეტრაედრის ტეტიმოლეზი

ხედავებული მხოლოდ შვიდი მარტვი ჭორმა. ესენია: ბრუნვანი, ცივანი, პინაკოიდი, რომბული პრიზმა, ტეტრაედრი, პირამიდა და ბიპირამიდა.

$$\text{მონაკონური სინტონია } a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$$

მონაკონური სინტონიის კრისტალებში ჩვეულებრივად მეორე (β) კრისტალოგრაფიული ღერძად იწვევენ L_2 ღერძის მიმართულებას (ნახ. IV.21 ა, ბ), ხოლო უღერძო ცივანის სიმეტრიის კლასში-სიმეტრიის სიმეტრიის მარჯვ მდინარელებას (ნახ. IV.21 გ). პირველი და მესამე ღერძი განლაგებულია β ღერძის მართვით სიმეტრიული (ან შესაძლებელი) ნიშნების პარალელურად. მათ შორის მესამე ღერძი ვერტიკალური ნიშნების პარალელურია, ხოლო პირველი ღერძი C ღერძის მიმართ დახრილია. კრისტალი უნდა გაუფრთხილდეს β ღერძით ისე, რომ a ღერძი დახრილი იყოს გამკვირვებლისაკენ, c ღერძი კი ვერტიკალური (ნახ. IV.21). რომბული სინტონიისაგან განსხვავებით დასაშვებია, რომ a ღერძი იყოს უფრო გრძელი და დახრილი.

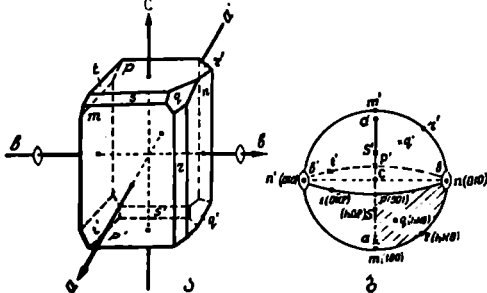
მონაკონური სინტონიის კრისტალოგრაფიული ღერძების სტრუქტურული ტეტიმოლეზი მოცემულია ნახ. IV.22-ზე: C ღერძი ვერტიკალურია, მისი ტეტიმოლეზი იქნება წრეხაზის ტეტიმოლეზი, β პირამიდალური ღერძის ტეტიმოლეზი იქნება წრეხაზის რიამეტრი (ემახვევა L_2 ღერძის მიმართულებას), ხოლო a დახრილი ღერძის ტეტიმოლეზი იქნება წრეხაზის შიგნით, მაგრამ β ღერძის მართვით მიმართულებით.

ღერძის დახრის კუთხის დასაგდენად უნდა ტეტიმოლეზი η და ρ კუთხეები ნახანდებულ შორის და ვუღებთ მათს საშუალებით ვიპოვოთ a და a' ხერ-

კვების წრებადზე, მაგრამ, რაგან ეს კვები იქნება ვერტიკალური მიმართულებით, ამიტომ მისი დებშილი გამოისახება mm' ვიანტიერის სახით, რომელიცდაც მისაქვსება აქნიშნული წახნაგების დებშილები.

α ღერძის შესაბამის ბინში შევიან n, p, t, n', t' და p' წახნაგები, მათი გნომოსტრუქტურული დებშილები განლაგებნიან α ღერძის წახნაგები კვების რივ წრებადზე. ამ წრებადს ადვილად ავაღებ ვერტიკალური დების სამკუთხედები, მუ ვიყით β კუთხის სიღრვე (ნახ. IV.23 ბ). უკანასკნელი რივ ბინის გაყკვეთის წერტილებში განლაგებული იქნება p და p' წახნაგების გნომოსტრუქტურული დებშილები, რაგან ისინი ვრდირულია ვკუთხნიან ირვე ბინას. ადებული სამი კვები კვების სფეროს მუპაპირს რვა სფერული სამკუთხედაც, რომელიცა ბირის წინა, მარჯვენა, მუა იქნება mpn სამკუთხედი.

პირველი ბიგადი განლაგების ფრწა (AKL) ინვეუსით იქნება q წახნაგი. მისი დებშილი განლაგება სფერული სამკუთხედის შიგნით. მაგრამ, რაკი აქ არსებობს სიმეტრიის მუივე რივის ღერძი, ადვილდება უნა იყის ბინის ტრალი მუივე q' წახნაგიც (ნახ. IV.23) და მუიველებე ვ.წ. IV ბუარის რივრის. ასეაკი რივრე მუიველება იყის თხნაირი: მარჯვენა რაგებშილი (AKL) და უარყოფითი (AKL') და მარჯვენა რაგებშილი (AKL) და უარყოფითი (AKL'). მუივე, მესამე და მუივე ფრწა იქნება შესაბამისად III ბუარის რივრე მარჯვენა (AKO) ან მარჯვენა (AKO'), II ბუარის პირაკოიდი რაგებშილი (AOE) ან უარყოფითი (AOE') და I ბუარის რივრე მარჯვენა (OKL) ან მარჯვენა (OKL'). მათი დებშილები მისაქვსებიან სფერული სამკუთხედის ბუარებებზე. რაბოლის, მუბუბე, მუბუბეცა და მუბუბეცა ფრწაბი, რომელიცა დებშილები სამკუთხედის წერტილებშია, შესაბამისად იქნებიან პირველი პირაკოიდი (100), მუივე ბინიერე-მარჯვენა (010) ან მარჯვენა (010) და მესამე პირაკოიდი (001) (ნახ. IV.23).



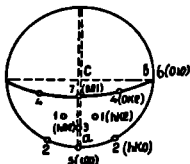
ნახ. IV.23. სიმეტრიის რივრელებრძინი კრასის მრავალწახნაგი (ა) და მისი დებშილი (ბ). q, q' მარჯვენა რაგებშილი IV ბუარის რივრე, z, z' მარჯვენა III ბუარის რივრე, ss' მუივე ბუარის რაგებშილი პირაკოიდი, t, t' მარჯვენა I ბუარის რივრე, mm' პირველი პირაკოიდი, n და n' მუივე ბინიერე (+ და -), p, p' მესამე პირაკოიდი

ნახ. IV.21 ბ-ბე მოყმულია სიმეტრიის რივრელებრძინი კრასის კრასალი (ღერძიბუბე), რომელიცა განვიტარებულია პირველი (100) და მესამე (001)

პინაკოიდები, III აქარის მარჯვენა (110) და მარცხენა ($\bar{1}\bar{1}0$) բոլորი, II აქარის
 բალები (101) და ზარყოფი (10 $\bar{1}$) პინაკოიდი და I აქარის მარჯვენა բოლერი
 (011).

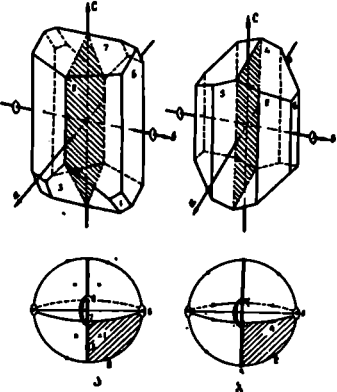
5. სიმეტრიის უღრძო ბოლერი კლასში არსებობს მხოლოდ სიმეტრიის ერთი

სიმეტრია, რომელიც უნდა მივხაროვდეთ ურტოვალურად (ნახ. IV.21 და IV.24).
 მისივე განლაგების ფორმა იქნება IV აქარის ბოლერი (იხ. ტაბულა IV.9). იგი შეიძ-
 ლება იყოს ომხნაირი: ზედა ბალები ($\bar{h}k\bar{l}$) ან ზარყოფი ($\bar{h}k\bar{l}$) და ქვე-
 და ბალები (hkl) ან ზარყოფი (hkl). ნახ. IV.21-ზე მოცემული პირგარ-
 ბიის $Ca_2[B_2O_7]Cl_2 \cdot 4H_2O$ კრისტალზე განვიხილავთ იმისათვის IV აქარის ბოლერი:
 ქვედა ბალები (1 $\bar{1}\bar{1}$) ($\bar{h}k\bar{l}$) და ზედა ზარყოფი ($\bar{1}11$). მეორე მარტო
 ფორმა იქნება III აქარის ბოლერი ბალები ($\bar{h}k0$) ან ზარყოფი ($\bar{h}k0$);
 პირგარბიის კრისტალზე ორივემხარის III აქარის ბოლერი (110), ($\bar{1}\bar{1}0$)—(ნახ.
 IV.21 ბ). მესამე მარტო ფორმა იქნება II აქარის ბოლერი, მისივე ბალები
 ბევს სიმეტრიის სიმეტრიაზე (ნახ. IV.24). მეოთხე ფორმა იქნება I აქარის ბოლერი ზედა
 ან ქვედა; პირგარბიის კრისტალზე არის მხოლოდ ზედა I აქარის ბოლერი (011).
 განარჩენი სამი ფორმიდან (იხ. ტაბულა IV.9, მეოთხე კლასი) მესამე და მეშვიდე



ნახ. IV.24. სიმეტრიის უღრძო ბოლერი კლასის ბალები

იქნება შესაბამისად პირველი (100) და მესამე (001) მონოკრები (მათი ბალები-
 ბოლები ბევს სიმეტრიის სიმეტრიაზე და მათთანავე არ მეორეობიან), ხოლო მეექვსე



ნახ. IV.25. სიმეტრიის პირველი კლასის კრისტალები და მათი ბალები 1-ორთოკლასი, 2-ბალები

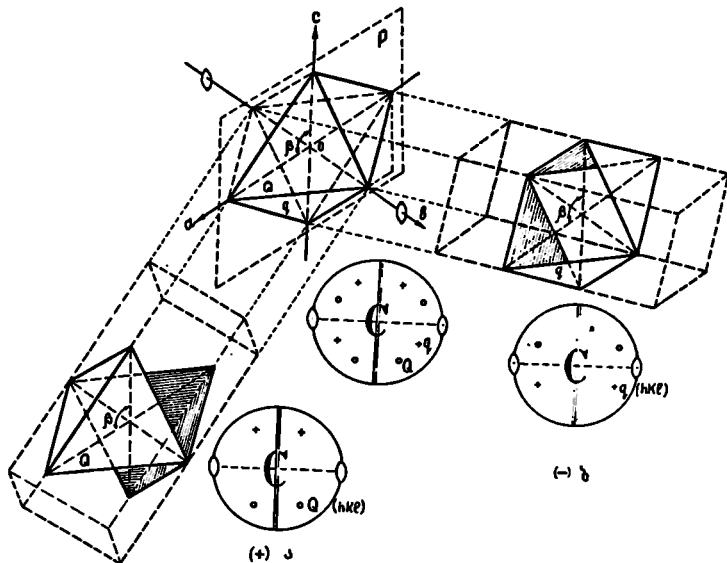
მარტო ფორმა იქნება მეორე პინაკოიდი (010), რომელიც ატრეფე პირგარბიის
 ატრეფე კრისტალზე არის განვიხილავთ.

6. სიმეტრიის პირველი კლასი მონოკრინური სიმეტ-
 რიის სიმეტრიის მარტო მარტო ხარისხის მეორე კლასი. აქ ურტოვალურად მოქმედ-

ბუნ L_2, P და C (ნახ. IV.25 და IV.21 ა). ანასთან დაკავშირებით, მარტივი ფორმები წარმოგვეჩვენოთ ომხანანაგა რიბმული პრიზმებით (სამი გვარის) და ომხანარი პინაკოიდით.

პირველი მთავარი განლაგების ნახნაგი მოგვეყვანოს ომხანანაგა რიბმულ პრიზმას, რომელიც სამივე ღერძს კვეთს და იწინება UV გვარის. იგი შეიძლება იყოს დადებითი Q (AKL) და უარყოფითი Q (AKL) ორიენტაციის (ნახ. IV.26). ორიენტაციის $K[ALSi_2O_6]$ კრისტალზე განვიხილავთ უარყოფითი ორიენტაციის UV გვარის რომელი პრიზმის ნახნაგი (ნახ. IV.25 ა).

მეორე მარტივი ფორმა ვერტიკალური მიმართულების ომხანანაგა პრიზმაა, ე.ი. III-გვარის, (AKO) ინტეუსებით (ნახ. IV.25). შესაძლოა ფორმის გვერდითი მდებარეობის წრეხანის შიგნით, მაგრამ სიმეტრიის სიმრავლის გვერდით. მაშასადამე ნახნაგი დახრილია, კვეთს Q და C ღერძებს და პარალელურია β ღერძისა. ინტერსის ცენტრის მოქმედების გამო ამ ნახნაგს უნდა ჰქონდეს მისი ტოლი და პარალელური ნახნაგი. მაშასადამე ეს იწინება III გვარის პინაკოიდით. იგი შეიძლება იყოს დადებითი და უარყოფითი ორიენტაციის. ნახ. IV.25 ა-ზე მოყვებული უარყოფითი ორიენტაციის III გვარის პინაკოიდით (ნახნაგი ა). მეოთხე ფორმა მოხავეჭმულია Q ღერძის შესაბამის ბინაში და მაშასადამე ომხივე მისი ნახნაგი Q ღერძის პარალელურია, ეს იწინება I გვარის რომელი პრიზმა (OKL) ინ-



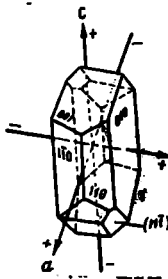
ნახ. IV.26. IV გვარის ორი რომელი პრიზმა, ა-დადებითი, ბ-უარყოფითი

გველები (ნახნაგი 4, ნახ: IV:25 ბ), განარჩენი სამი ფორმა იქნება შესაბამისად პირველი (100), მეორე (010) და მესამე (001) პირაკოიდი (ნახ. IV.25, ნახნაგები 5, 6 და 7).

მონოკლინური სინგონიის ტანხილვი სამივე სიმეტრიის კლასში ჩვენ შეგვხვდა ურთმანუთისაგან გომეტრიულად ტანხვავებული მხოლოდ ოთხი მარტივი ფორმა. ესენია: მონოკლირი, პირაკოიდი, რიბერი და რომბული პრიზმა (იხ. ტაბულა IV.9).

ორმოცდამეორე სინგონია ($a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$)

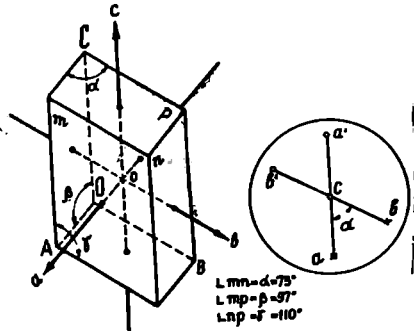
ტრიკლინური სინგონიის კრისტალები სიმეტრიის ყველაზე დაბალი კლასის მქონე კრისტალებია. მათ არ ახასიათებთ არც სიმეტრიის ღერძის და არც სიმეტრიის სიმრყდის არსებობა, კრისტალოგრაფიულ ღერძებს აყარებენ არსებული (ან შესაძლებელი) ნიშნების პარალელურად (ნახ. IV.27). მესამე (C) ღერძს ჩვეულებრივად აყარებენ ყველაზე ტანხვავებული მონის ნიშნების პარალელურად და აყენებენ მას ვერტიკალურად. განარჩენი ღერძებიდან b ის ღერძი იქნება, რომლითაც გაუიჭნოთ კრისტალს, a ღერძი კი უნდა იყოს დახრილი პარაკოიდეებისაკენ (ნახ. IV.27).



ნახ. IV.27. ტრიკლინური სინგონიის კრისტალებში კრისტალოგრაფიული ღერძები ნიშნების პარალელურია

რაცაღან ტრიკლინური სინგონიის კრისტალურ მულტიმ არ არსებობს ურთიერთმართობი რიგები, ამიტომ მულტიპლ ღერძებს მონის კუთხეებიც არ იქნება 90° . ურთულ ნახნაგაპ შეიძლება მივიჩნიოთ ნებისმიერი

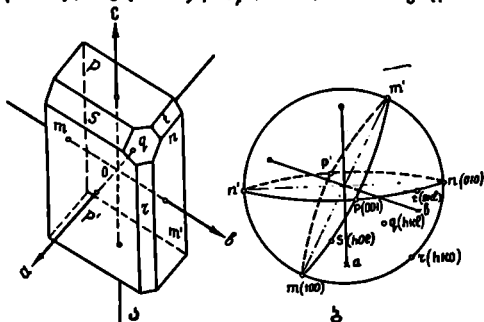
ნახნაგი, რომელიც კვებს სამივე კრისტალოგრაფიულ ღერძს. ეს იქნება ან მონოკლირი, ან პირაკოიდი ურთული პარამეტრებით $a_0 \neq b_0 \neq c_0$.



ნახ. IV.28. ტრიკლინური სინგონიის კრისტალოგრაფიული ღერძების სტრუქტურაფიული დეტალები

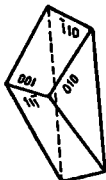
სამკ. mpn), რომლის ჭარბობა იქნება განლაგებული მუდმივ შესაძლებელი მონოქროის გეომორი.

პირველი მარტივი ჭარბი იქნება მოცარი განლაგების წახნაგი (მონოქროი), რომელიც სამივე ღერძს გააკვეთს. მისი ენომოსტერეოგრაფიული გეომორი განლაგებული იქნება სამკუხების შიგნით, იგი წარმოადგენს IV გვარის მონოქროს. ჩვენს შემთხვევაში ეს იქნება q წახნაგი (hkl) ინვერსიბილი (ნახ. IV.29), ამ ჭარბის მუდმივი პოზიციის რვანაირი განლაგება: $1, (hkl), 2, (\bar{h}\bar{k}\bar{l}), 3, (h\bar{k}l), 4, (\bar{h}kl), 5, (hkl), 6, (\bar{h}\bar{k}\bar{l}), 7, (\bar{h}\bar{k}\bar{l})$ და $8, (\bar{h}\bar{k}\bar{l})$.



ნახ. IV.29: სიმეტრიის მონოქროული კლასის მრავალწახნაგი (ა) და მისი გეომორი (ბ)

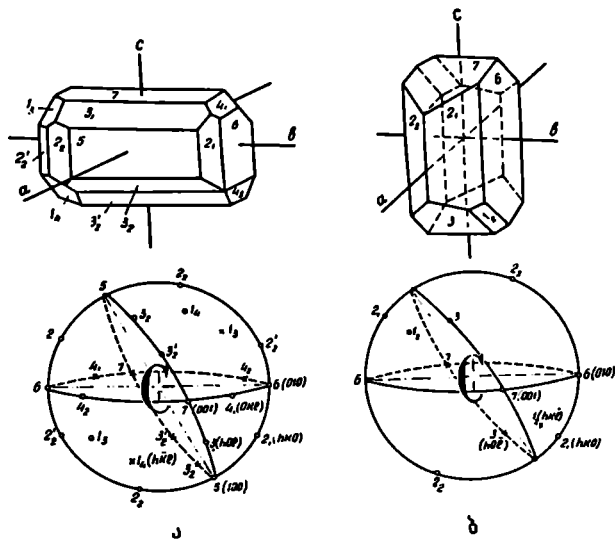
მეორე, მესამე და მეოთხე მარტივი ჭარბის გეომორები უნდა მივხარებოდნენ mpn სტრუქტურის სამკუხების გვერდებზე, ყოველი მათგანი იქნება იგივე ღერძის პარალელური ასეუბნა წახნაგები $z (hkl), s(h\bar{k}l)$ და $t(0kl)$, რომლებიც სათანადო წარმოადგენენ მესამე, მეორე და პირველი გვარის მონოქროებს. ყოველი მათგანი შეიძლება იყოს ობ-ობნაირი განლაგების (გაშუქა IV.9). განარჩევი სამი მარტივი ჭარბის გეომორები განლაგებულია სტრუქტურის სამკუხების წვეროებში და მათსავე ეს წახნაგები კვეთენ მხოლოდ იგივე ღერძს და უწინან მონოქროების ახალ ობს, რომლებსაც უწოდებენ პირველ, მეორე და მესამე მონოქროს. ასეუბნა წახნაგები $m(100), n(010)$ და $p(001)$. აქსანტირაცია, რომ უკანასკნელი სამი ჭარბის გეომორები განლაგებული არიან მონების გამომსახველი წრეხაზების გაკვეთაზე, უნდა უზრუნველყოს მივხარებოდნენ ობ-ობ მონობა: სიმეტრიის ამ კლასის შესაბამისი მონოქროებიდან აღვნიშნოთ მონოქროების კლასის მონოქროული პარამოტარტივი $C_2 [C_2, C_2] C_2 4H_2O$ (ნახ. IV.30).



ნახ. IV.30: პარამოტარტივის კრისტალი (სიმეტრიის მონოქროული კლასი)

მ: სიმეტრიის პინაკოიდური კლასი ხასიათდება ინვერსიის ცენტრის არს-
 ბობი: ამიტომ ამ კლასში შემაჯარ კრისტალებზე ყოველ ნახნაგს უნდა პერიტეს
 შესაბამისი ფოლი და პარალელური ნახნაგე. მაშასადამე, ყველა შესაძლებელი მარ-
 ტვი ფორმა აქ უნდა წარმოადგენდეს $3 0 6 2 1 0 0 6 2$. წინა კლასის მიწ-
 ედრების ანალოგიურად აქაც გვექნება სამი ფორმის პინაკოიდი: პინაკოიდები, რომ-
 ებიყ სამივე ღერძს კვეთენ; პინაკოიდები, რომლებიყ მხოლოდ ორ ღერძს
 კვეთენ და პინაკოიდები, რომლებიყ მხოლოდ ოთხ ღერძს კვეთენ.

შესაძლებელი მარტვი ფორმების (პინაკოიდების) გასარჩევად ავიღოთ IV.31-
 ნახაბზე მოცემული კრისტალები. პირველი—მარტვი ფორმა იყის მთავარი რრრრტა-
 იის ნახნაგის მუხვ ფორმა (hkl) ინდექსით. ეს იქნება IV ტვარის პინაკოიდი,



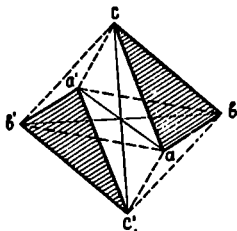
ნახ. IV.31. სიმეტრიის პინაკოიდური კლასის კრისტალები და მათი გეომეტრიები ა-ვოლანსონიცი, ბ-აბიტიცი

რომელსაც შეიძლება პერიტეს ომნაირი განლაგება: ორი მარჯვენა (პაგებიით და უარყოფით) და ორი მარცხენა (პაგებიით და უარყოფით), (ნახ. IV.32).

ვოლანსონიციის $C_2 S_6 U_3$ კრისტალებზე (ნახ. IV.31 ა) განვიხილომუხვი ორი IV ტვარის პინაკოიდი—მარცხენა პაგებიით, ნახნაგე $l_2 - (hkl)$ და მარცხენა უარყოფითი, ნახნაგე $l_4 - (hkl)$, ხოლო აბიტიციის $Na [Al Si_3 O_8]$ კრისტალებზე (ნახ. IV.31 ბ) გვაქვს მხოლოდ მარჯვენა უარყოფითი IV ტვარის პინაკოიდი, ნახნაგე $l_2 - (hkl)$.

შემდეგი სამი ფორმა იქნება შესაძლებელი, მუხვ და პირველი ტვარის პინაკოიდი ინდექსებით: (hko), (hol) და (oel). ყოველი მათგანი შეიძლება იყის მარ-
 ჟვენა ან მარცხენა განლაგების III და I ტვარის პინაკოიდებისათვის და პაგები-
 თი ან უარყოფითი - II ტვარისათვის (იხ. ტაბულა IV.9, მუხვი კლასი). ვოლანსონი-

გის კრისტალზე (ნახ: IV.31) სამი III ტვარის პინაკოიდი-ურთი მარჯვენა (ნახნა-
ტი 2) და ორი მარცხენა (ნახნაგები 2_2 და $2'_2$), სამი II ტვარის პინაკოი-
დი-ურთი დადებითი (ნახნაგები 3,) და ორი უარყოფითი (ნახნაგები 3_2 და $3'_2$)
და ორი I ტვარის პინაკოიდი-მარჯვენა (ნახნაგები 4,) და მარცხენა (ნახნაგები 4_2).
აღნიშვის კრისტალზე კი განვიხილავთ III ტვარის პინაკოიდი მარჯვენა (ნახნა-
ტი 2_2) და მარცხენა (ნახნაგები $2'_2$) და უარყოფითი II ტვარის პინაკოიდი
(ნახნაგები 3):



ნახ: IV.32: IV ტვარის პინაკოიდის
ორნაირი განლაგება. დაშვრთხულია
მარჯვენა დადებითი პინაკოიდი

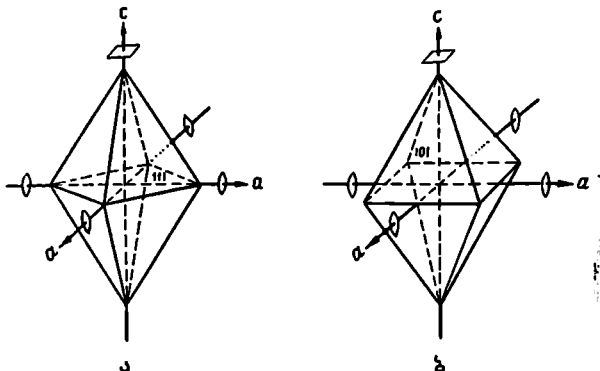
დანარჩენი სამი ფორმა - მეხუთე, მეექვსე
და მეშვიდე სათანადოპ პირველი, მეორე და
მესამე პინაკოიდებია, ე.ი. პინაკოიდები, რომ-
ლებზე კვებენ მხოლოდ ოთხ ღერძს. პირველი პინაკოიდის შესაბამისი ინდექსი
იქნება (100), მეორესი - (010) და მესამესი - (001): უოლასტონის კრისტალზე
სამივე ფიპის პინაკოიდი განვიხილავთ (ნახნაგები 5, 6 და 7), ხოლო აღნიშვის
კრისტალზე გვაქვს მხოლოდ მეორე (ნახნ. 6) და მესამე (ნახნ. 7) პინაკოიდები.

სიმეტრიის ამ კლასში კრისტალდება მრავალი ბინერალი, მათ შორის პლა-
ტოკოლამები (ბინდურის შპაგების იგივე ჯგუფია), სპილენძის შამბაშიანი და სხვ.
ამტვარად, ჩვენ განვიხილავთ რამდენიმე კვატორის სინგონიუმის სიმეტრიის 8
კლასის შესაძლებელი შვიდ-შვიდი მარტივი ფორმა (იხ: ტაბულა IV.9). სულ მივი-
ღებ მარტივი ფორმების 56 სახესხვაობა, საიდანაც ურთმანეისაგან გეომეტრიულად
განსხვავებულია სულ 7 მარტივი ფორმა, ესენია: 1) ბინოვარი, 2) ბივარი, 3) პინაკოი-
დი, 4) რომბული პრიზმა, 5) რომბული ტეტრაედრი, 6) რომბული პირამიდა და 7) რომბუ-
ლი ბიპირამიდა; უკანასკნელი სამი ფორმა გვხვდება განხილულ სიმეტრიის კლასებ-
ში ოთხჯერ, დანარჩენები კი გეომეტრიულად მეორეებია: ასე, მაგალითად, ბივარ-
ი მეორდება 8-ჯერ, რომბული პრიზმა - 10-ჯერ, ბინოვარი - 12-ჯერ და პინაკოიდი -
22-ჯერ (იხ: ტაბულა IV.9).

5. საფუალუ კაბეზოკოის სინგონიუმი

სამუარო კვატორიაში გაეროიანებულია ტეტრაგონული, კვუსკატონური და ტრი-
გონული სინგონიუმი, რომლებშიც ორი კრისტალოგრაფიული ღერძი ურთიგეოლია, ხოლო
მესამე C ღერძი არაგოლია, იგი შეიძლება იყოს პირველი ორ ღერძზე უფრო მეტი
ან ნაკლები სიგრძისა, მაგრამ უნდა იყოს მიმართული ყოველთვის ვერტიკალურად.

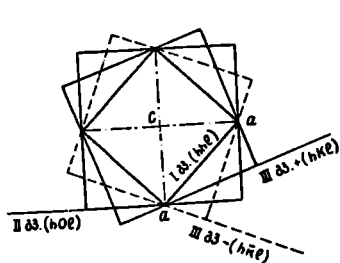
ტეტრაედრი სინტონიაში ურთულ ნახნაგარ ირჩევენ ისეთ ნახნაგს, რაზე-
 დაცვ განსაკუთრებს a და b კრისტალოგრაფიულ ღერძებზე გოლ პარამეტრებს
 (ნახ. IV.36). მაშასადამე $a_0 = b_0 \neq c_0$ ანუ $a_0 = a_0 \neq c_0$. ასეთი ნახნაგი შეიძ-
 ლდა (იხილ I ტომის ტეტრაედრიული ბიპირამიდის ნახნაგი. ტეტრაედრიული სინტონიაში



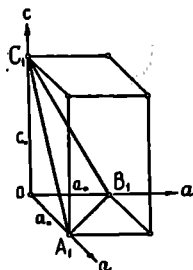
ნახ. IV.34. ტეტრაედრიული სინტონიის კრისტალების დასაშვები
 ორნაირი ორიენტაცია

შეის სიმეტრიის მეორე კლასი. განვიხილოთ ყოველი კლასის შესაძლებელი მარ-
 გივი ფორმები (იხ. ტაბულა IV.10).

9. სიმეტრიის ტეტრაედრიული პირამიდის კლასი ხასიათდება მხოლოდ მეოთხე რი-
 ტის სიმეტრიის ღერძის არსებობით. ამიტომ, იმისა და მიხედვით, აღებული ნახნაგი
 L_4 ღერძის მიმართ დახრილია 30 პარალელური, აკრებება ოთხნახნაგა პირამიდები

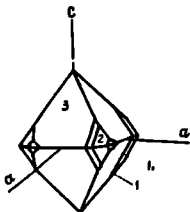


ნახ. IV.35. ტეტრაედრიული სინტონიის
 კუბარტული კუბის მეორე ფორმების
 განლაგების სქემა გვარების მიხედვით

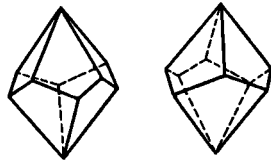


ნახ. IV.36. ტეტრაედრიული
 სინტონიაში ურთული ნახ-
 ნაგის პირველი და მეორე
 პარამეტრები გოლია

ამ სიმეტრიის მქონე კრისტალებიდან აღსანიშნავია მიწერა ფოსფენის $Pg_2(C_2)_{2L}$ კრისტალი (ნახ. IV.41), რომელზედაც განვიხილავთ ევტრატონული ტრაპეკოედრი (KKL) (ნახნატი 1), ევტრატონული ბიპირამიდა II ტვარის (HL) (ნახნატი 2), ევტრატონული პრიზმა (KLO) (ნახნატი 4), ევტრატონული პრიზმა II ტვარის (LO) (ნახნატი 5) და ბაბიპინაკოედი (OOI) (ნახნატი 7).

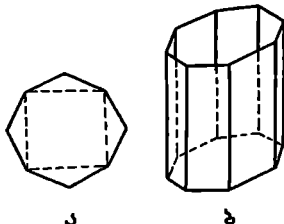


ნახ. IV.38. მედიტის კრისტალი (სიმეტრიის L_4PC სახე)

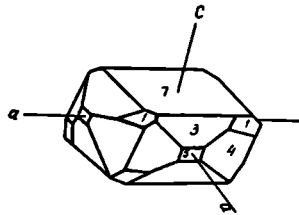


ნახ. IV.39. ევტრატონული ტრაპეკოედრები ა-მარჯვენა (KKL) და ბ-მარჯვენა (KHL)

12. სიმეტრიის ევტრატონულ-პირამიდული კლასი ხასიათდება L_4 ღერძის და მასზე გამავალი სიმეტრიის ომბი სიმბრების არსებობით; რადგან ამ კლასში არ არის L_4 ღერძის მარჯობი არც სიმეტრიის სიმბრეცე და არც მეორე რიგის სიმეტრიის ღერძი, ამიტომ სიმეტრიის ევტრატონულ-პირამიდული კლასის ანალიტიკურად



ნახ. IV.40. ა-ეევტრატონი და ბ-ეევტრატონი პრიზმა (KKL)

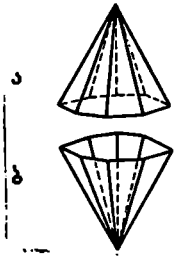


ნახ. IV.41. ფოსფენის კრისტალი (სიმეტრიის L_44L_2 სახე)

გვერდება არა ბიპირამიდები, არამედ პირამიდები ზედა ან ქვედა ორიენტიციით, ზოგადად განლაგების ნახნატის მქონე მარტივი ფორმა იქნება ევტრატონული პირამიდა (ნახ. IV.42). ზედა (KKL) და ქვედა (KKL) ინიტესებით, 8 ასიმეტრიული ნახნატით. თარა ამისა, აქ გვერდება I და II ტვარის ევტრატონული პირამიდები, წარმოადგენენ ომბ-ომბი მონისიმეტრიული ნახნატით; პირამიდები აქ დომინირებენ უკველი დარჩება სიმეტრიის წინა კლასთან შედარებით, ევტრატონული პრიზმა-8 ასიმეტრიული ნახნატით და I და II ტვარის ევტრატონული პრიზმები-

ოხ-ოხის მიწისბუნებრივი წახნაგით; მეშვიდე ფორმა იქნება მიწიერი, წარმო-
დენილი ჭეჭრასობეფრიული წახნაგით დაეღბილი (001) ან უარყოფითი (00 $\bar{1}$) ტანლა-
დებით (იხ. ტაბულა IV.10, მეფორმევე კლასი).

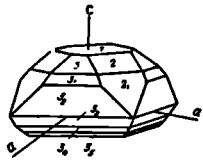
სიბუნებრივს ამ კლასის წარმოსადგენად შეიძლება გავასახელო მიწერარი გო-
ბილიტი $-L_4(OH)_2 2P_8(OH)_2$ (ნახ. IV.43); მარცხე ფორმას ამ კომბინაციაში ავხევე-
ბა ირი I ტარის ჭეჭრატორული პირამიდა ბედა წახნაგებით (2 და 2 $\bar{1}$) და
ევესი II ტარის ჭეჭრატორული პირამიდა, მას შორის საში ბედა პირამიდა (წახნა-
დები 3, 3 $\bar{1}$ და 3 $\bar{2}$) და საშიე ევედა-წახნაგები 3 $\bar{2}$, 3 $\bar{4}$ და 3 $\bar{5}$).



ნახ. IV.42: ეიჭეჭრატორული პირამიდები,
ა-ბედა ($ჩკლ$) და ბ-ევედა ($ჩკლ$)

13: სიბუნებრივის ეიჭეჭრატორული-ბიპირამიდეული კლასი

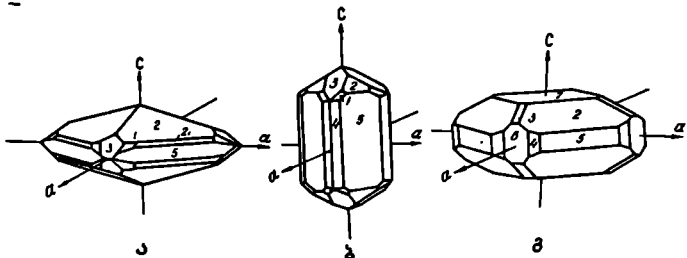
არის ჭეჭრატორული სინტონის მავსიბაღური სიბუნებრივის
მეუნე კლასი: აქ უარყოფილაპ არსებობს $L_4, 4L_2, 5P$
და C_2 ბიგადი ტანლადების მარცხეი ფორმა ($ჩკლ$) ინდეუსით აქ იქნება ეიჭეჭ-
რატორული ბიპირამიდა, რომელიე შედეება 16 ასიბუნებრიული წახნაგისაგან. ეს არის
ჭეჭრატორული სინტონის მარცხეი ფორმებში მავსიბაღური რაიდეუნობის წახნაგების
მეუნე მარცხეი ფორმა: ტარა ამისა, აქ იქნება I და II ტარის ჭეჭრატორული
ბიპირამიდეები რვა-რვა მიწისბუნებრივი წახნაგებით, ეიჭეჭრატორული პირბმა 8
ევერეკალური მიწისბუნებრივი წახნაგით: მეხეხე და მეექვესე ფორმა იქნება I და
II ტარის ჭეჭრატორული პირბმები და ბოლის მეშვიდე ფორმა ბამბინაკოიი
(001), რომელიე შედეება ჭეჭრასობეფრიული წახნაგებისაგან (იხ. ტაბულა IV.10).



ნახ. IV.43: ეიბილიტიის კრისტალი
(სიბუნებრივის $L_4 4P$ სახე)

სიბუნებრივის ჭეჭრატორული-ბიპირამიების კლასში კრისტალდება მრავალი მიწერა-
ლი, მას შორის ტანუბილიტი კალიუმის (HgU_2), რუტილის (TiO_2) და ევეუნიანის
($Ca_3 Al_2 [Si_2 O_7]_2 (OH)_2$) კრისტალები (ნახ. IV.44):
კალიუმის კრისტალზე მოყმულია იხი ბიპირამიდა და უარე პირბმა. ბიპირა-
მიდებიდან ირი I ტარისსა (წახნაგი 2 და 2 $\bar{1}$), უარე II ტარის (წახნაგი 3),
უარეი ეიჭეჭრატორული ბიპირამიდა (წახნაგი 1); წახნაგი 5 I ტარის ჭეჭრატო-
რული პირბმა.

ჩვეულის კრისტალზე (ნახ. IV.34, ბ) პრიზმის წახნაგები უფრო განვითარებულია, ვიდრე ბიპირამიდებისა; აქ გვაქვს რიფტოგრაფული (წახნაგი 4) და I გვარის პრიზმები (წახნაგი 5); ბიპირამიდებია: რიფტოგრაფული (წახნაგი 1), I გვარის (წახნაგი 2) და II გვარის (წახნაგი 3);



ნახ. IV.34 რიფტოგრაფული-ბიპირამიდის კლასის კრისტალები:
 ა-კალიმილი, ბ-ჩვეულის და გ-ვეზუვიანი. 1-(ჩკლ), 2-(ჩჩლ), 3-(ჩოლ),
 4-(ჩკ0), 5-(110), 6-(100) და 7-(001).

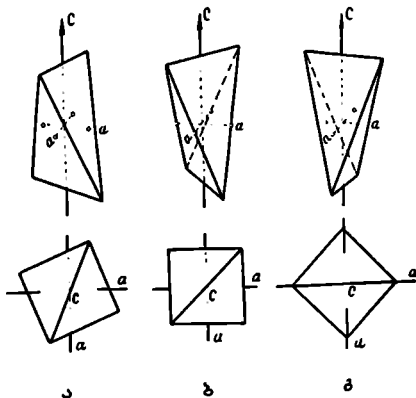
ვეზუვიანის კრისტალზე, წინა მატალიებებისაგან განსხვავებით, განვითარებულია ბაბიპირამიკოიდი (წახნაგი 7). აქ განვითარებულია აგრეთვე I გვარის ბიპირამიდა (წახნაგი 2), ნაკლებად განვითარებულია II გვარის ბიპირამიდა (წახნაგი 3), პრიზმებია: რიფტოგრაფული (წახნაგი 4), I გვარის (წახნაგი 5) და II გვარის (წახნაგი 6)ა -

14: სიმეტრიის ტეტრაგონული-ტეტრაპერული კლასის ახასიათებს მხოლოდ მეოთხე რიგის ინვერსიის ღერძის არსებობა. ამიტომ ამ კლასში გვხვდება ურთმანვეთისაგან დიფერენციალურ განსხვავებული მხოლოდ სამი მარტივი ფორმა: ტეტრაგონული ტეტრაპერი, ტეტრაგონული პრიზმა და ბაბიპირამიკოიდი (იხ. ტაბულა IV.10, მეოთხედივე კლასი);

ტეტრაგონული ტეტრაპერი წარმოადგენს ომწახნაგა დახურულ ფორმას, რომლის ფრთვილი წახნაგი ოლიფრედა სამკუთხედიანია. კრისტალოგრაფიული ღერძების შერჩევის მიხედვითა დასაშვებია სამი გვარის ტეტრაპერი (ნახ. IV.45). I გვარის ტეტრაპერში (ჩჩლ) ოლი ღერძები გაივლის გრძელი წიბოების ცენტრში (ნახ. IV.45 ბ); ტეტრაპერი II გვარის იქნება, ეს ღერძები გაივლის წახნაგების ცენტრში (ნახ. IV.45 გ), ხოლო ღერძების ირბი ირინტყაყის ირის ტეტრაპერი III გვარის იქნება, იმდესით (ჩკლ). აქსანიწნავია, რომ III გვარის ტეტრაგონული ტეტრაპერს შეიძლება პუნდეს ომწნაირი ირინტყაყია: მარჯვენა (+) ან (-) და მარცხენა (+) ან (-) (ნახ. IV.46). I და II გვარის ტეტრაპერებს კი ირ-ირწნაირი:

ტეტრაგონული პრიზმები : ტეტრაგონული-პირამიკოიდი კლასის ანალიტურად არის III (ჩკ0), II (100) და I გვარის (110). მეშვიდე მარტივი ფორმა იქნება ბაბიპირამიკოიდი (001), რომელიც შეეძება ირი ასოტეტრიული წახნაგისაგან.

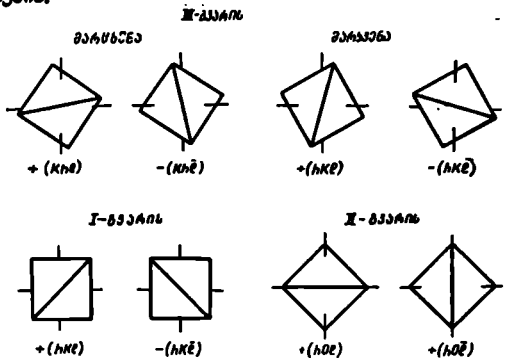
სიმეტრიის ტეტრაგონული-ტეტრაედრული კლასში კრისტალებმა მიწერალებში მცირე რაოდენობა. მაგალითისათვის განვიხილოთ კანიფის- $2A_2O_3(OH)_2$ კრისტალი (ნახ. IV.47). აქ განვიხილავთ III აჯარის მარჯვენა პარამიტი ტეტრაედრი (ნახნაგი 1), I აჯარის უარყოფით ტეტრაედრი (ნახნაგი 2), II აჯარის პარამიტი ტეტრაედრი (ნახნაგი 3) და ორი ტეტრაგონული პრიზმა—I აჯარის (ნახნაგი 5) და II აჯარის (ნახნაგი 6).



ნახ. IV.45. ტეტრაგონული-ტეტრაედრი. ა-III აჯარის (hkl), ბ-I აჯარის ($h'k'l$) და გ-II აჯარის ($h0l$)

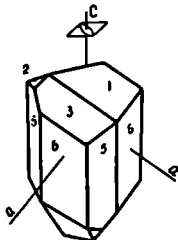
15. სიმეტრიის ტეტრაგონული-სკვადრული კლასში ერთრკვლიადაა Si_4 , მისი მარტობი $2L_2$ და მათ შორის სიმეტრიის ორი ვერტიკალი სიმეტრია (იხ. ზედათა IV.10, მეხუთე თავი კლასი). ზოგადი განლაგების ნახნაგი ინტეუსი (hkl) ნარმობში ტეტრაგონული სკვადრული, რომელიც 8 ასიმეტრიული სამკუთხედის ფორმის მქონე ნახნაგისაგან შედგება. სკვადრული შეიძლება იყოს პარამიტი და უარყოფითი ორიენტაციის (ნახ. IV.48). მეორე მარტივი ფორმა იქნება I აჯარის ტეტრაგონული ტეტრაედრი, რომელიც წინა კლასის ტეტრაგონულიდან განსხვავებით შედგება 4 მიწისსიმეტრიული ნახნაგისაგან. სიმეტრიის ასევე ბარისბი ამირობებს II აჯარის ტეტრაგონული ბიპირამიდის არსებობას, რომელსაც 8 ასიმეტრიული ნახნაგი ექნება. შემდეგი სამი ფორმა ეტეტრაგონული და I და II აჯარის ტეტრაგონული პრიზმებია. მეშვიდე ფორმა ბამპირაკოიტი (იხ. ზედათა IV.10), ამ კლასში კრისტალებმა სხვადასხვა მიწერალი. გვარჩიოთ ვალკონიფის $CaFe_2S_2$ კრისტალი (ნახ. IV.49). აქ განვიხილავთ II აჯარის ორი ტეტრაგონული ბიპირამიდა და (ნახნაგები 3 და 3'), ტეტრაგონული სკვადრული (ნახნაგი 1), ტეტრაედრი (ნახნაგი 2), I აჯარის ტეტრაგონული პრიზმა (ნახნაგი 5) და ბამპირაკოიტი (ნახნაგი 7).

ამდგარაპ, ჩვენ განვიხილოთ ტეტრაედრული სიმეტრიის 7 სიმეტრიის კლასი, მათ მარტივ ფორმასთან ჩვენ შეგვხვდა 9 ურბანდებისა და დომეტრიული განსხვავებული ფორმა, ესენია:

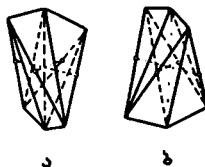


ნახა: IV.46-7, II და III ტარის ტეტრაედრული ტეტრაედრის. შესაძლებელი განლაგება კრისტალოგრაფიული რუკების მიმართ

- 1) ტეტრაედრული ბიპირამიდა - 16 ნახნატი;
- 2) ტეტრაედრული პირამიდა - 8 ნახნატი;
- 3) ტეტრაედრული ბიპირამიდა - 8 ნახნატი;
- 4) ტეტრაედრული პირამიდა - 4 ნახნატი;
- 5) ტეტრაედრული პირამიდა - 8 ნახნატი;
- 6) ტეტრაედრული პირამიდა - 4 ნახნატი;
- 7) ტეტრაედრული ტრაპეკედრი - 8 ნახნატი;
- 8) ტეტრაედრული სკალენოედრი - 8 ნახნატი;
- 9) ტეტრაედრული ტეტრაედრი - 4 ნახნატი.



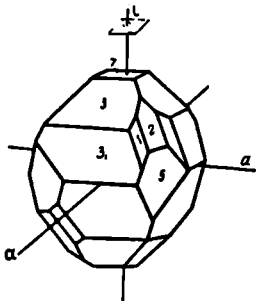
ნახ. IV.47. კანონის კრისტალი (სიმეტრიის C_{2v} სახე)



ნახ. IV.48. ტეტრაედრული სკალენოედრი. ა-პარპეზიონ და ბ-უარყიფიონ

ბავსაბრუნარი სინკონია ($a = b \neq c, \alpha = 120^\circ, \beta = \gamma = 90^\circ$)

ბავსაბრუნარ სინკონიაში გვაქვს ოთხი კრისტალოგრაფიული ღერძი-მარბაბერი ჟრბორბერი a, b და c ღერძები და ვერტიკალური მახვილი c ღერძი. მარბაბერი ღერძების ვრბინიბა მიმარბულიბაა ბორის კუბი 120° -ია (ნახ. IV.50). a და b ღერძების პაბებიბი მიმარბულიბაა ბორის კუბის ბისუვერისიბი მიმარბულიბიბი პამბაბებიბი d ღერძი ბარის. ამბახან პაკუბვირბიბი, ბავსაბრუნარი სინკონიის მარბევი ბორბების ნახნაკუბს ვუბებაბი არა სამ-სამი, არამბეპ ობ-ობიბი იბეუბსი. აბარი ღერძის ბესბამბისი იბეუბსი აბინიბეუბა რიბიბ ბესამბ, ბორი c ღერძის იბეუბსი იუბება ბეობე. ვინაიბან პამბაბებიბი ღერძის პაბებიბიბი მიმარბულიბა a და b ღერძების სანინაბებებია (ნახ. IV.50), ამიბეპ ბეუბიბი ბანბაკუბის ნახნაკუბს იბეუბსი ბამბიბაბება (hkl) სახიბ.

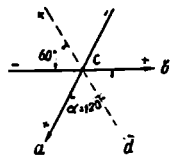


ნახ. IV.49. ბავსაბრუნარის კრისტალი (სინკონიის $Si_2, 2L_2, 2P$ სახე)

ბავსაბრუნარ სინკონიაში c კრისტალოგრაფიული ღერძი ვიუვიბევის ებბეუბეა L_c ან Si_c ღერძის მიმარბულიბას (ნახ. IV.51), ბორი პანარბერი ღერძები ბანბაკუბერი არიბი ან L_2 ღერძების ბასბერიბი (ნახ. IV.51 ა) ან, რიყა ბეორე რიბის სიბეგრის ღერძები არ არსებებენ, ებბეუბიბან სიბეგრის ვერტიკალური სიბრბეუბის მარბიბი მიმარბულიბებს (ნახ. IV.51 ბ) ბუ კრისტალის სიბეგრის სიბრბეუბიბი არ აბასიბებს, მამბ, a და b ბორი ღერძები ბამბეუბი არსებული (ან ბესბეუბევი) ბორბინბ-ბალური ბიბიბების ბარბეუბარაპ (ნახ. IV.51 გ). ბავსაბრუნარი სინკონიის იბი კრისტალბს, რბიბბსაყ აბეუბ ბუბს-ბუბსი L_2 ან ვერტიკალური სიბეგრის

ბავსაბრუნარ სინკონიაში c კრისტალოგრაფიული ღერძი ვიუვიბევის ებბეუბეა L_c ან Si_c ღერძის მიმარბულიბას (ნახ. IV.51), ბორი პანარბერი ღერძები ბანბაკუბერი არიბი ან L_2 ღერძების ბასბერიბი (ნახ. IV.51 ა) ან, რიყა ბეორე რიბის სიბეგრის ღერძები არ არსებებენ, ებბეუბიბან სიბეგრის ვერტიკალური სიბრბეუბის მარბიბი მიმარბულიბებს (ნახ. IV.51 ბ) ბუ კრისტალის სიბეგრის სიბრბეუბიბი არ აბასიბებს, მამბ, a და b ბორი ღერძები ბამბეუბი არსებული (ან ბესბეუბევი) ბორბინბ-ბალური ბიბიბების ბარბეუბარაპ (ნახ. IV.51 გ). ბავსაბრუნარი სინკონიის იბი კრისტალბს, რბიბბსაყ აბეუბ ბუბს-ბუბსი L_2 ან ვერტიკალური სიბეგრის

ნახ. IV.50. ბავსაბრუნარ სინკონიაში ბეობე კრისტალოგრაფიული ღერძი ბიბიბის a კუბის ბისუვერისის მიმარბულიბიბი, $a = b = c \neq c$

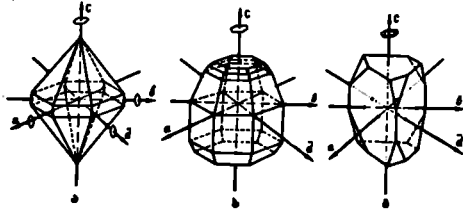


სიბრბევი, ბეიბეუბი, ბიბეუბი ორბარი ორბეუბეა. ორბეუბი ბეიბეუბეაბი აბინიბევი ბიბიბიბიბიბი კრისტალოგრაფიული ღერძების ბეგრების ბესბებე პაკმბევიბეუბე-ბიბა.

ასე, მბაკიბეა, ნახ. IV.52-ბე ნარბეუბიბა ბავსაბრუნარი სინკონიის კრისტალის ორბარი ორბეუბეა, სპაყ ბორ ბორბინბეუბე კრისტალოგრაფიული ღერძებსაპ აბეუბეობა $6L_2$ ღერძიბან ვრბის ბამბეუბიბი ბან ვრბი სამბევი პა ბან ბეორე. ვრბი ორბეუბეაბი ბეორის მიმარბე ბეიბიბეუბეუბეობა c ღერძის ბარბეუბი 30° -იბ.

(შეაპარე ზეგრაფიული სინტონის კრისტალების ირანი რიგენდაყიას). ამგვარად, პირიზონტალურად განლაგებული სამი გოლი ღერძიდან მეორე (b) ღერძი ის იქნება, რომლისავე პავიკავებზე კრისტალის და მისი მარჯობი სინტონის მარეხნივ განლაგდება პირველი (a) ღერძი, ხოლო მარეხნივ-პამაგებშით ღერძი (d). რიგით მეოთხე c ღერძი ყოველთვის ვერტიკალურია.

ერველი ნახნაგს პეუსტონურ სინტონიამი ვერ გავაგარებთ ისე, რომ მან მოკვეთოს სამივე კრისტალორაფული ღერძზე ურთიერგოლი პარამეტრები. ერველი ნახნაგს ან გაპაკვეთს a და d ღერძებს გოლი მანძილეზე და პარალელური იქნება b ღერძისა, ან გოლი პარამეტრებს მოკვეთს a და b ღერძებზე, ხოლო პამაგებშით ღერძზე მოკვეთს ამ პარამეტრის ნახევაარს. ნახ. IV.53-დან ჩანს, რომ AD ნახნაგე გაპაკვეთს a და d ღერძებს გოლი პარამეტრებით, ხოლო



ნახ. IV.51. პეუსტონურ სინტონიამი c კრისტალორაფული ღერძი ყოველთვის ემხებევა L_6 ან b_1 ღერძის მიმართულბას

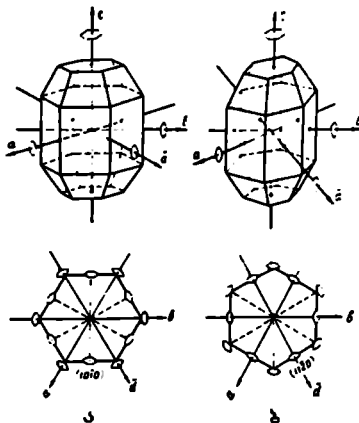
b ღერძს ან გაპაკვეთს, ე.ი. მისი პარამეტრების შეფარდება ასე გამოისახება: $a : b : c = 1 : \sqrt{3} : 2$. მათსაპამე მისი ინდექსი იქნება (1011). AB ნახნაგე კი კვეთს a და b ღერძებს გოლი მანძილეზე (ნახ. IV.53 ბ), ხოლო d ღერძის პარამეტრი $OE = \frac{1}{2}a$. რადგან $\triangle AOE$ მარეტუხა სამკუხეპია, რომელითავე $\angle OAE = 30^\circ$ და პიპოტენუბა $OA = a_0$, ამიგომ AB ნახნაგის პარამეტრების შეფარდება იქნება $a_0 : a_0 : \frac{1}{2}a_0 : c$, ე.ი. მისი ინდექსი იქნება (1121) (ნახ. IV.53): აქნიძელი ნახნაგები შეიძლება იყოს პეუსტონური პირამიპის, ბიპირამიპის ან პრიზმის ნახნაგები. პასამეპია ამ სხეულების მესამეპიპირი რიგენდაყიას კრისტალორაფული ღერძების მიმარე, რადგანავე მათი ნახნაგები სამივე პირიზონტალურ ღერძს გაპაკვეთს სხეუპასხევა სიგრძის პარამეტრებით, ე.ი. ინდექსი იქნება (hkl).

ამგვარად, პეუსტონური კვეთის მარევი გომებში ჩვენ შევიძლია განვალაგოთ სამნიარად და მივიღებთ სამი გვარის პეუსტონურ პირამიპის, ბიპირამიპის და პრიზმის (ნახ. IV.54).

პეუსტონურ სინტონიამი შეიპის სიმეტრიის შეიგი კლასი. ტანვიხილოთ ყოველი კლასის შესაძლებელი მარევი გომები (იხ. ტამბული IV.11).

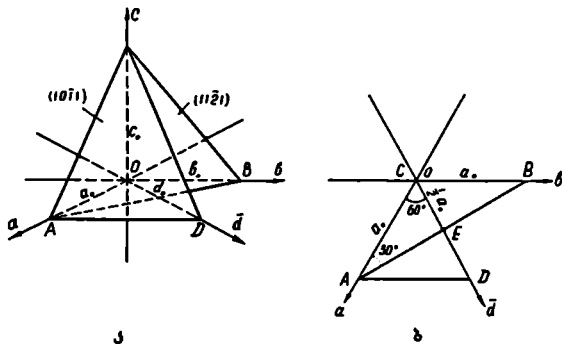
16: სიმეტრიის პეუსტონურ-პარამიპული კლასში არმებობს მხოლოე მევეტეს ზიგის სიმეტრიის ღერძი (L_6), ამიგომ ამ კლასში გევეტება მხოლოე პეუსტონურ-პირამიპიპი, პეუსტონური პრიზმი და მიწიეპირი. პასამეპია სამი გვარის

ბედა და ქვედა განლაგების პირამიდა III ავარის (+) ($h\bar{k}i\bar{l}$) ან (-) ($\bar{l}\bar{k}h\bar{l}$) (ნახ. IV.54 მარჯვენა, ან მარცხენა), II ავარის ($h\bar{k}i\bar{l}$) და



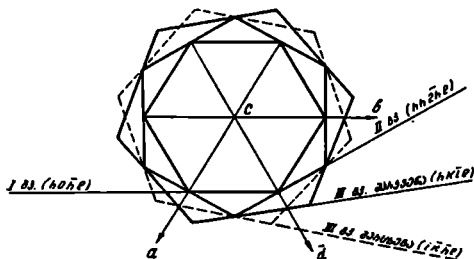
ნახ. IV.52. ქვესაბოლო სინგონიის კრისტალების დასაშვები კრწარი კრინტაყია

I ავარის ($h\bar{k}i\bar{l}$). შემდეგი საში ფორმა იქნება საბნარი ავარის ქვესაბოლო პრობმა: III ავარის (+) ($h\bar{k}i\bar{l}$) ან (-) ($\bar{l}\bar{k}h\bar{l}$), II ავარის ($11\bar{2}0$) და I ავარის ($10\bar{1}0$). შემდეგი ფორმა წარმოადგენილია დაგებითი (0001) და უარყოფითი ($000\bar{1}$) ბინოეფრიო (გამულა IV.11. მუხევესმეფე კლასი).



ნახ. IV.53. ქვესაბოლო სინგონიის ურეული წახნაგის მესაბღე-ბელი კრწარი განლაგება: ა-აუსონიშეფრიული წახნაგი; ბ-ბუბილი პირიბინტაღურ სიბრფეფე

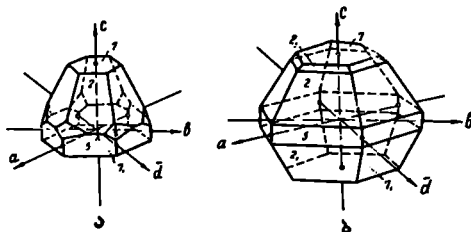
სიმეტრიის ჰექსაგონურ-პირამიდული კლასის კრისტალებიდან მაგალითისათვის ტაქაჩიოთ ლიზიუმისა და კალიუმის სულფატის ($LiK[SO_4]$) და ნეფელინის ($Na[AlSi_3O_8]$) კრისტალები (ნახ. IV.55): პირველზე არის განვიხილული I გვარის ზედა ჰექსაგონური პირამიდა (1011) (ნახნაგი 2), III გვარის ზედა პა-დებოთი პირამიდა (hKL) (ნახნაგი 1); I გვარის ჰექსაგონური პრიზმა (1010) (ნახნაგი 5) და ორი მონოკლერი: პაგებოთი (0001) (ნახნაგი 7) და უარყოფითი (0001) (ნახნაგი 7). ნეფელინის კრისტალებზე გვაქვს სამი I გვარის ჰექსაგონური პირამიდა, მათ შორის ორი ზედა (ნახნაგები 2 და 2₂) და ერთი ქვედა (ნახნაგი 2₁),



ნახ. IV.54: ჰექსაგონური კვების კრისტალების განლაგების სუბმა გვარების მიხედვით

ერთ I გვარის პრიზმა (ნახნაგი 5) და ორი მონოკლერი (ნახნაგები 7 და 7₁).

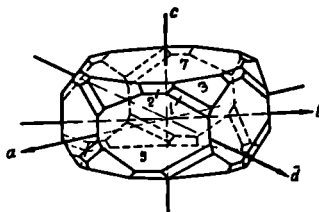
17. სიმეტრიის ჰექსაგონურ-პირამიდული კლასში გვაქვს L_6 , მისი მარ-ეობი სიმეტრიის სიმრგვე და იწვერსიის ცენტრი, სიმეტრიის სიმრგვის არსებობის გამო პირველი სამი მარტული ფორმა წარმოადგენილი იქნება არა პირამიდებში, არა-მეც სამი გვარის ბიპირამიდით, მონოკლერის მაგივრად აქ უნდა იყოს მესამე



ნახ. IV.55. ჰექსაგონურ-პირამიდული კლასის კრისტალები: ა-ლიზიუმისა და კალიუმის სულფატი, ბ-ნეფელინი

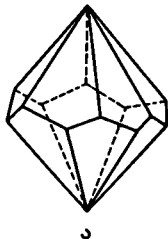
პინაკოიდი (0001) ანუ მამპინაკოიდი. სამივე გვარის ჰექსაგონური პრიზმა, რომლებიც წინა კლასში გვქონდა აქ პარჩება გეომეტრიულად უცვლელი, მხოლოდ მათი 6-6 ნახნაგი იქნება მონოსიმეტრიული (იხ. ტაბულა IV.11).

ამ კლასის წარმომადგენელი არის მიწურული ამაგიცი (L_6, PO_4, CL), რომლის მოკლესვეფიანი კრისტალი მოცემულია ნახ. IV.56-დ. აქ განვიხილავთ 1 ცვარის ჰექსაგონური პრიზმა (ნახნაგი 5), მაგიპინაკოიტი (ნახნაგი 7) და სამივე ცვარის ჰექსაგონური ბიპირამიდები: III ცვარის (ნახნაგი 1), II ცვარის (ნახნაგი 3) და I ცვარის (ნახნაგი 2).

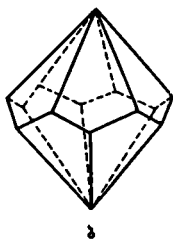


ნახ. IV.56. ამაგიცის კრისტალი (სიმეტრიის $L_6 PC$ სახე)

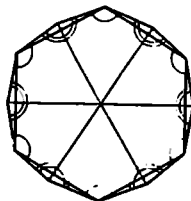
18. სიმეტრიის ჰექსაგონურ-ტრაპეკოედრი კლასის ახასიათებს L_6 და მისი მარტოი $6L_6$ სიმეტრიის წერტილის არსებობა. აქ გვხვდება ირი ახალი მარტოი ფორმა (პირველი და მეოთხე), დანარჩენი კი რჩება გომეტრიულად უცვლელი (იხ. ტაბულა IV.11). მითატი განლაგების ნახნაგი აქ მოცემის ჰექსაგონურ ტრაპეკოედრს ($TKLE$), რომელიც შედგება 12 ასიმეტრიული ნახნაგისაგან, იგი გვხვდება ირი მარჯვენა და მარცხენა ენანტიომორფული ფორმების სახით (ნახ. IV.57). მეორე ახალი მარტოი ფორმა არის ექსაგონური პრიზმა, რომელიც შედგება 12 ევანგოკალური ნახნაგისაგან (იხ. ტაბულა 11.2, ფორმა 21), აქ კვსხეები შემობღო ნახნაგებს შორის ფორმა ურთის გამოშვებით (ნახ. IV.58). ექსაგონური პრიზმა გომეტრიულად უცვლელად შეიძლება ჰექსაგონური სინტონის სიმეტრიის კიდევ ირი კლასში.



ა



ბ



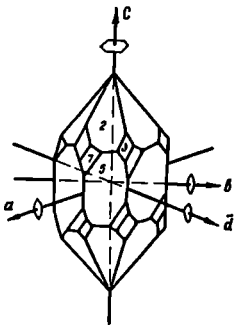
ნახ. IV.57. ჰექსაგონური ტრაპეკოედრები: ბ-მარჯვენა და ა-მარცხენა

ნახ. IV.58. ჰექსაგონი და ექსაგონური

სიმეტრიის ჰექსაგონურ-ტრაპეკოედრი კრისტალის მაგალითად შეიძლება განვიხილოთ კვარცის მაჟალემპურაფურული მიოიფოკაყი, ე.წ. β კვარცის კრისტალი (ნახ. IV.59). აქ განვიხილავთ 1 ცვარის ბიპირამიდს (ნახნაგი 2) და პრიზმას (ნახნაგი 5). ცვარს ახისა, გვხვდება მცირე ზომის ნახნაგები: მარცხენა ჰექსაგონური ტრაპეკოედრისა (ნახნაგი 7) და 11 ცვარის ბიპირამიდისა (ნახნაგი 3).

19. სიმეტრიის ეტიქსაგონურ-პირამიდულ კლასში გვაქვს მუქვეს რიგის სი-

მეტრიის ღერძი და მასზე განთავალი 6 სიმეტრიის სიმბრფე. რადგან აქ არა გვაქვს L_4 ღერძის მარბობი (პირიბორტალური) სიმეტრიის სიმბრფე და არც L_2 ღერძე-ბი, ბიპირამიდეზის წყველაპ ამ კლასში გუქუნება ზედა ან ქვედა განლაგების პი-რამიდეები, ზოგაპი განლაგების წახნაგი აქ მოგუქუმს ეტიქსაგონურ პირამიდეას, რომელსაც ექუნება 12 ასიმეტრიული წახნაგი (იხ.ტაბულა 11,2,ტორმა 7). კუხევები მიბობიერ წახნაგებს შორის აქაც ტოლი იქუნება ერბის განმივებიხ (ვახ.1V.58). მიმდეტი ტორმეტი იქუნება 1 და 11 გუარის ქვესაგონური პირამიდეები (ექვეს-ექვესი მიონსიმეტრიული წახნაგეხ).

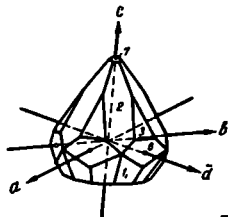


ვახ.1V.59. მაქალეგმეერატორული კვარცის კრისტალი(სიმეტრიის L_6 $6L_2$) სახე

პრიბმეტი წინა კლასთან შედარებეხ აქ ღარბე-ბა გომეტრიულაპ უსეკელი. მივეტიდე მარტოვი ტორ-მა იქუნება ტაგებიხი (0001) ან უარტოგეხი (0001) მიონიერნი.

ეტიქსაგონური პირამიდეის კლასის კრისტალეებს შორის ტაგარბიხე ცინკიგის (ZnO) კრისტალი (ვახ.1V.60). აქ გუქუნს ქვედა ეტიქსაგონური პი-რამიდე (წახნაგი 1), ზედა 1 და 11 გუარის ქვესაგონური პირამიდე (წახნაგები 2 და 3), 11 გუარის ქვესაგონური პრიბმა (წახნაგი 6), ორი მიონიერნი, რომელაპ შორის უარტოგეხი უტორ ტანვიტაგებულია, ტაგებიხი მიონიერნი (0001) (წახნაგი 7):

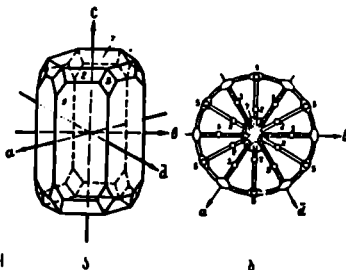
ვახ.1V.60: ცინკიგის კრისტალი (სიმეტრიის L_6 $6P$) სახე



20. სიმეტრიის ეტიქსაგონურ-ბიპირამი-

დული კლასი ეტიქსაგონური სიმეტრიის სიმე-ტრიის გველაპე მაქალი კლასია: აქ ერბორუ-ლაპ არის L_4 , $6L_2$, $7P$ და C . სიმეტრიის ექუმენტა ერბობლიობა აპირი-ბეზს პირამიდეზის წყველაპ ბიპირამიდეების წარბიშობას. ზოგაპი ხასიკაის მარ-ტოვი ტორმა აქ იქუნება ეტიქსაგონური ბიპირამიდეა, რომელსაც 24 ასიმეტრიული წახნაგი აქვს (იხ.ტაბულა 11,2,ტორმა 14); მიმდეტი ორი ტორმა იქუნება 1 და 11 გუარის ქვესაგონური ბიპირამიდეები 12-12 მიონსიმეტრიული წახნაგებეხ: პრიბმეტი ამ კლასში რბება გომეტრიულაპ უსეკელი, ხელი მივეტიდე ტორმა წინა კლასის მიონ-ტორის წყველაპ იქუნება ბამბიბნაკიერი (ტაბულა 1V).

სიმეტრიის ამ კლასში კრისტალდება მრავალი მიწერალი, რომელთა შორის გა-
ვარჩილია ბივრილის კრისტალი (ნახ. IV.61). აქ გამოყენებულ ფორმას წარმოადგენს
I ტვარის ქვესატორული პრიზმა (10T0) (ნახნატი 5) და ბამპონდაკოიტი (ნახ-
ნატი 7). ნაკლებად გავრცელებულია I (ნახნატი 2) და II (ნახნატი 3) ტვარის
ქვესატორული ბიპირამიდები.

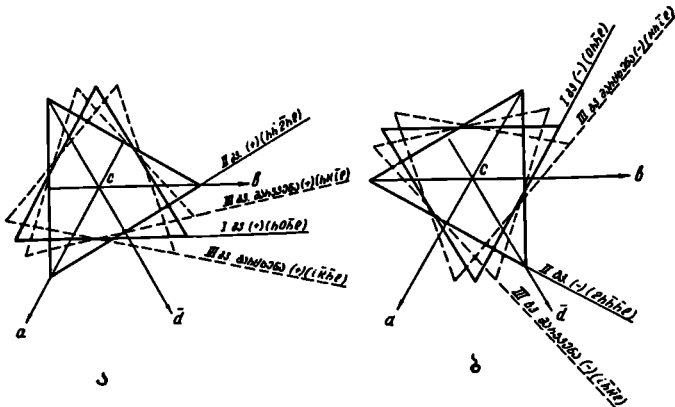


ნახ. IV.61. ბივრილის კრისტალი (ა)
(სიმეტრიის $L_2, 6L_2, 7PC$ სახე) და
მისი ტეტილი (ბ)

21. სიმეტრიის ტრიგონული-ბიპირამიდული კლასში არსებობს მხოლოდ მუქქესე
ჩივის ინვერსიის ღერძი (σ_{12}), ეს იტყუვა, რაც L_2 და მისი მართობი სი-
მეტრიის სიმრგვე: ამასთან დაკავშირებით, აქ გუქუქება მხოლოდ სამი ურმანე-
მისაგან განსხვავებული მარტივი ფორმა, ესენია: ტრიგონული ბიპირამიდა, ტრიგო-
ნული პრიზმა და ბამპონდაკოიტი. ტრიგონული ბიპირამიდა (ნახ. ტაბულა 11, 2,
ფორმა 9) შედგება ვქესი ასიმეტრიული ნახნატიკისაგან და მას შეიძლება ქუქრავს
სამტვარი ტანლატება კრისტალოგრაფიული ღერძების მიმართ (ნახ. IV.62). მტკატი
ტანლატების იქნება III ტვარის ბიპირამიდა, როდესაც მისი ვოქვილი ნახნატი ტა-
დაკვეს პირიბონტალურ სამივე კრისტალოგრაფიულ ღერძს სხვადასხვა პარა-
მეტრიით: ამ შემთხვევაში დასაშვებია რმბნაირი რიგუნტყუთია: მარქუქნა (+) და
(-), ინტექსუქნა (hkl) და (lkh); მარქუქნა (+) და (-), ინტექ-
სუქნა (lkh) და (khk). II ტვარის ტრიგონული ბიპირამიდის ვოქვილი
ნახნატი პირიბონტალური სამი კრისტალოგრაფიული ღერძიდან რს კვეს ვოლი პარამეტრებით
და შესამუნ-ორქუქრ უჭრი მოქვე პარამეტრიით. აქ შესაძლებელია (+) (hkh)
და (-) (lkh) რიგუნტყუთი; I ტვარის ბიპირამიდის ნახნატიკი ვოლი ღერძ-
ბიდან რს კვეს ვოლი მანძილზე, ხოლო შესამის პარალელურია, აქაც დასაშვებ-
ბია (+) (hkh) და (-) (lkh) რიგუნტყუთი.

ტრიგონული პრიზმებშიც (ტაბულა 11, 2, ფორმა 16) ტრიგონული ბიპირამიდების
ანალოგიურად იქნება სამი ტვარის (რეანაირი რიგუნტყუთით, მხოლოდ იმ ტანსხვა-
კვებით, რომ მათს მეორეხ ინტექსი იქნება ნული. მუქვიც მარტივი ფორმა ბამპ-
პონდაკოიტი: ინტექსით (0001), რომელიც წარმოდგენილია რი ასიმეტრიული ნახნატიკით.
სიმეტრიის ამ სახეში კრისტალდება ვურსების ფოსფატი ($Ag_2 HPO_4$)
(ნახ. IV.63), რომლის კრისტალზე ტეხებება ტრიგონული პრიზმები და ბიპირამიდები.

ნახ. IV.61-ზე მოცემული კრისტალზე განვიხილავთ I ტვარის დადებით (10 $\bar{1}0$) და უარყოფით (01 $\bar{1}0$) ტრიკონული პრიზმა (ნახნაგები 5 და 5 $\bar{1}$), სამი I ტვარის ტრიკონული ბიპირამიდა, რომელთაგან ორი დადებითი ორიენტაციისა (ნახნაგები 4 და 2 $\bar{1}$), ერთი უარყოფითი (ნახნაგ 2 $\bar{2}$) და ერთი III ტვარის მარჯვენა დადებითი ტრიკონული ბიპირამიდა (ნახნაგ 1).



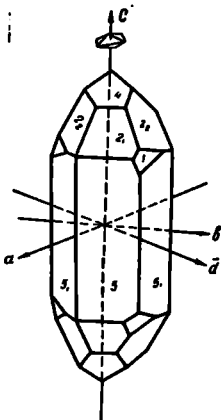
ნახ. IV.62. ტრიკონული კვების მქონე მარტივი ფორმების განლაგების სუბმა ტვარების მიხედვით. ა-დადებითი, ბ-უარყოფითი ორიენტაცია

22. სიმეტრიის ეტიმოლოგიური-ბიპირამიდული კლასში ერთნაირად მოქმედებენ

$6i_6$, $3L_2$ და $3P(L_3, 3L_2$ და $4P$). პერიმეტრული სამი კრისტალიტრე-ფული ღერძის გაყვანა აქ შეიძლება ირანირაპ: ან განვალაგოთ ისინი სიმეტრიის სიმრგვევებში, ე.ი. გავამთავროთ მეორე რიგის სიმეტრიის ღერძებს, ან გავაჭაროთ სიმეტრიის სიმრგვევების მარჯონი მიმართულებით. ამ ორი შესაძლებლობიდან მეორე-ეზე პირველ ვარიანტზე. ამ კლასში პირველად წებვებში ეტიმოლოგიური კვების მარტივი ფორმებს. იტალიკონი ექვსკუხევიპა, რომელიც კუხევიპი ტოლია ერთის გამომავლებით (ნახ. IV.64) და ანთი განსხვავდება ჰექსაგონისაგან. ეტიმოლოგიური კვების მქონე ძველმა ბიპირამიდა და პრიზმა (იხ. განლაგება 11:2, ფორმები 10 და 17). ნახ შეიძლება ჰქონდეთ დადებითი და უარყოფითი ორიენტაცია, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან L ღერძის გარშემო 60° -ით მიმდრეობით (ნახ. IV.65). განარჩენილ ხუთი შესაძლებელი მარტივი ფორმა სიმეტრიის წინა კლასებში უკვე შეგვევსა, ესენია: I ტვარის ჰექსაგონური ბიპირამიდა ($h0h0e$), II ტვარის ტრიკონული ბიპირამიდა-დადებითი (h^h2h^h) ან უარყოფითი ($2h^h2h^h$), I ტვარის ჰექსა-ტონური პრიზმა (10 $\bar{1}0$), II ტვარის ტრიკონული პრიზმა-დადებითი (11 $\bar{2}0$) ან უარყოფითი (2 $\bar{1}10$) და ბაბოპირამიდი (0001) (იხ. განლაგება IV.11).

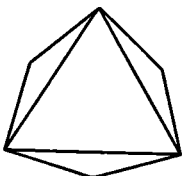
მატალიტისაგან განსხვავებული ბიპირამიდი ($BaTi[Si_3O_9]$) კრისტალიტი (ნახ. IV.66), რომელიც განვიხილავთ ორი II ტვარის ტრიკონული დადებითი (ნახნაგ 3)

და უარყოფითი (შახნატი 3₁) ბიპირამიდა; ორი 11 გვარის დატეხილი (შახნატი 6) და უარყოფითი (შახნატი 6₁) ტრიკონული პრიზმა და ბაზიპირამიდი (შახნატი 7).

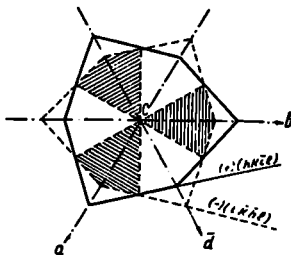


ნახ. IV.63. მჟავე ფოსფორმჟავა
ვერცხლის კრისტალი (სიმეტრიის
 D_{3d} სახე)

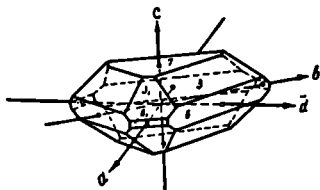
ამდენად, ჩვენს მიერ განხილულ ქვესატორული სიმეტრიის სიმეტრიის შვიდ კლასში შედგება ახალი ტოპოგრაფიულად ურთმანუთისაგან განსხვავებული მარტივი ფორმები: ორნაირი პირამიდა-ქვესატორული და რიქვესატორული; ომბნაირი ბიპირამიდა-ქვესატორული, რიქვესატორული, ტრიკონული და რიტრიკონული; ომბნაირი პრიზმა-ქვესატორული, რიქვესატორული, ტრიკონული და რიტრიკონული და ურთი ქვესატორული ტრამპეციდრი.



ნახ. IV.64. ტრიკონი და
რიტრიკონი



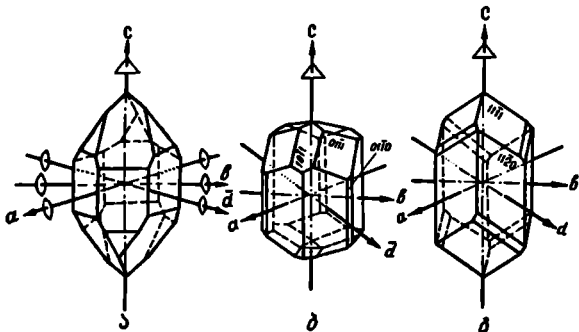
ნახ. IV.65. რიტრიკონული კვების მუნივე
მარტივი ფორმების (+) და (-)
ორინტაციის



ნახ. IV.66. ბენიფიციის კრისტალი
(სიმეტრიის $L_3 3L_2 4P$ სახე)

გრიტონული სინტონის ($a = b \neq c, \alpha = 120^\circ \beta = \gamma = 90^\circ$)

გრიტონული სინტონის კრისტალების ორიენტაცია პეტსკოვური სინტონის კრისტალების ორიენტაციის ანალოგიურია. განსხვავება მხოლოდ იმაშია, რომ C ვერტიკალური კრისტალოგრაფიული ღერძი აქ ემხებება სიმეტრიის L_3 ღერძს, ხოლო განარჩენი ურთიერთობი პირიმიტივალური ღერძები მიმართულია ან L_2 ღერძების (ნახ. IV. 67 ა) ან, როცა L_2 ღერძები არ არის - სიმეტრიის ვერტიკალური სიმეტრეების მართობი მიმართულების გასწვრივ (ნახ. IV. 67 ბ). როცა კრისტალს არა აქვს არც L_2 და არც ვერტიკალური სიმეტრიის სიმეტრეა, მაშინ პირიმიტივალური ღერძები გამოვლენ არსებული ან შესაძლებელი წიბოების პარალელურად (ნახ. IV. 67 გ).



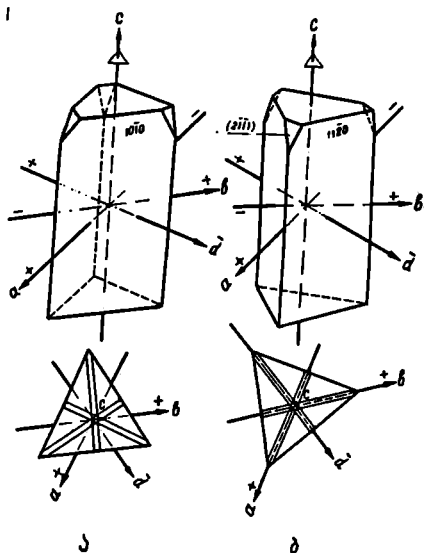
ნახ. IV. 67. გრიტონული სინტონის კრისტალებში C ვერტიკალური ღერძი ემხებება L_3 ღერძს

იმ შემთხვევაში, როცა a კრისტალს აქვს სიმეტრიის L_2 $3D$ სახე (პირიმიტივალური სიმეტრიის კლასი), მაშინ a , b და c ღერძები შეიძლება გავაჭაროთ არა მარტო სიმეტრიის სიმეტრიის მართობულად, არამედ განვალაგოთ აქტიური სიმეტრეების (ნახ. IV. 68). კრისტალის მოზრუნვა ამ ორიენტაციებს შორის ხდება 30° -ით და მათსაგანვე შესაძამისად შეიძლება პრიმიტივის და პირიმიტივის ტყარები.

პეტსკოვური სინტონის ანალოგიურად გრიტონული სინტონის კრისტალების მარტოვი ფორმის წახნაგების ინდექსები გამოისახება h - k - l რიცხვით, ხოლო ვრცელი წახნაგს აქვს ორი- $(10\bar{1}1)$ ან $(11\bar{2}1)$ (ნახ. IV: 53) შესაძლებელი მიმართულება აქვს.

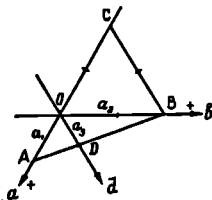
პეტსკოვური და გრიტონული სინტონების კრისტალების აქტიური ორიენტაციის დროს. ყოველი წახნაგის ინდექსში პირველი სამი ციფრის უკან უფროს ნულს; წახნაგის ინდექსის მთავარ შემთხვევაში (hkl) $h+k+l=0$ აქტიური რიცხვები წარმოადგენენ პირიმიტივალური მიმართულების კრისტალოგრაფიული ღერძების შესაძამისი პარამეტრების შემზრუნველ სიდიდეებს;

ნახ. IV.69-ზე მოყვებულია a, b და d ღერძები, C ვერტიკალური ღერძი ნახაბის მარჯვნივ გათვლილი 0 ნერტივში. თავაგართ ნებისმიერი AB ნახაბი, რომელიც სამივე ღერძს გადაკვეთს (ნახაბებმა შეიძლება გადაკვეთოს C ღერძიც ან მისი პარალელური იყოს, ამას არა აქვს მნიშვნელობა). აღნიშნული



ნახ. IV.68. გოგრიტონული პირამიდის კლასის კრისტალების დასაშვები ორნაირი ორიენტაცია

ვანელი ნახაბის პარამეტრები შესაბამისად a_1, a_2 და a_3 - იმ. თავაგართ B ნერტივიდან d ღერძის პარალელურად BC სწორი ხაზი, მივიღებთ OBC ტოლკვერდა სამკუხეხეს, რადგან ამ სამკუხეხეის სამივე კუხეხე 60° -ის ტოლია. ნახაბიდან ჩანს, რომ ΔAOD მსგავსია ΔACB და მაშასადამე



ნახ. IV.69. გრიტონურ და პეტსატიონურ სინკლინიუმში ყოველი ნახაბის ინტეკსში $H + K - L = 0$

$$\frac{AD}{OD} = \frac{AC}{CB} \quad \text{ანუ} \quad \frac{a_1}{a_3} = \frac{a_1 + a_2}{a_2} \quad \text{ტავგოთ ტოლობის}$$

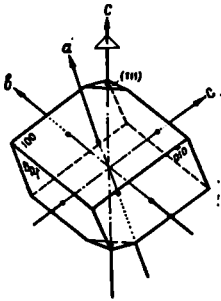
ორივე ნაწილი $a_1 -$ ბი, მივიღებთ $\frac{1}{a_3} = \frac{a_1 + a_2}{a_2 a_1} = \frac{a_1}{a_2 a_1} + \frac{a_2}{a_2 a_1}$,

აქედან $\frac{1}{a_3} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}$. მათასამდე, $\bar{L} = K + h$, ვ.ი. $h + K + \bar{L} = 0$,

სადა $h = \frac{1}{a_1}$, $K = \frac{1}{a_2}$ და $\bar{L} = \frac{1}{a_3}$.

ეს უკეთეს ფრიტონული ან ქვესაფონური სინტონიის კრისტალის რაიმე წახნაგის ინტეგრის პირველი ორი რიგები. (აღნიშნული ღერძის საფუძველი), ყოველივეს მეტროლოგია გამოვიანტაროთ მესამე რიგები, რომელიც ფორმ იქნება პირველი ორი რიგების ჯამისა: $\bar{L} = \bar{L}_1 + \bar{L}_2$.

მოგონის კრისტალოგრაფი; ფრიტონული სინტონიის (განსაკუთრებით რომბოედრული სახის მქონე) კრისტალის განსარჩევად სარგებლობს მ ი რ ე რ ის მიერ შემოღებული ორიენტაციის ხერხი. ამ შემთხვევაში კრისტალში აგარებენ არა მხოლოდ, არამედ სხვა კრისტალოგრაფული ღერძს, რომლებიც ბაილიან რომბოედრის წახნაგის პარალელურად (ნახ. IV:70). სამივე კუთხე ღერძებს შორის ურთიერთგოლია და არ უდრის 90°-ს; ფარა ამისა, სამივე ღერძი ურთიერთ კუთხით არის დახრილი ვერტიკალური ღერძის მიმართ.



ნახ: IV:70. ფრიტონული სინტონიის კრისტალის ორიენტაცია მიღების მიხედვით

დომინანტული კრისტალის ასეთი ორიენტაციის პრის ფრიტონული სინტონიისასვის იქნება: $\alpha = \beta = \gamma = \angle$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ ურთიერთ წახნაგი გაივლის L_3 ღერძის მარცხენი მიმართული. იგი იქნება ან მოწყობილი ან პირაკოდი-ინტეგრის (111).

ტანხილი ფრიტონული სინტონიის სიმეტრიის ხუთვე კლასის შესაძლებელი მარტვი ფორმები:

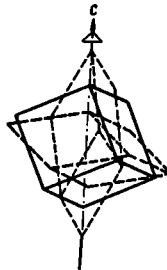
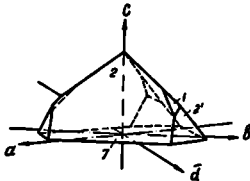
23. სიმეტრიის ფრიტონული-პირამიდული კლასში არსებობს მარტვი L_3 , ამიტომ

აქ შესაძლებელია გვერდის მიხედვით სამ-სამ-წახნაგოვანი ფრიტონული პირამიდები ან პირამიდები და აგრეთვე მონოედრი (იხ. ფაბულა IV.12). ფრიტონული პირამიდა შეიძლება იყოს მესამე ან ქვედა მდებარეობის. ყოველი მათგანს აქვს დადებითი ან უარყოფითი ორიენტაცია, ხოლო III ტარის პირამიდაში (და პირამიდაში) არჩევენ აგრეთვე მათ მარჯვენა და მარცხენა განლაგებას (ნახ: IV.62). სიმეტრიის ამ კლასში კრისტალდება ნაფრიტის პერიოპატი ($Na_2IO_4 \cdot 3H_2O$), რომლის კრისტალიზაციის ნივთიერება ნახ: IV.71-ზე. აქ ტანხილარებულია უარყოფითი მონოედრი (წახნაგი 7), დადებითი და უარყოფითი ორიენტაციის I ტარის ფრიტონული პირამიდა (წახნაგები 2 და 2') და III ტარის მარჯვენა; დადებითი ფრიტონული პირამიდა (წახნაგი 1). სამივე პირამიდა მესამე.

24. სიმეტრიის რომბოედრული კლასის ახასიათებს L_3 და C (ანუ $6i_3$)

აქ გვერდება სამი ტარის რომბოედრი, სამი ტარის ქვესაფონური პირამიდა და ბაილიან-პირაკოდი (იხ. ფაბულა IV.12). რომბოედრი ექვსწახნაგა დახურული მარტვი ფორმა,

რომლის ყოველ წახნაგს რომბის ფორმა აქვს (იხ. ტაბულა 11, 2, ფორმა 30). რომბოეპ-
რი შეიძლება მივიღოთ ჰექსაედრის (კუბის) ეფორმაციით. გადავიხილო კუბი ისე,
რომ მისი ერთ-ერთი L_3 ღერძი იყოს ვერტიკალურაპ. ეს ამ ღერძის გასწვრივ
კუბს გადავიხილო ან შევკუმშოთ, მივიღებთ რომბოედრს (ნახ. IV.72), შესაბამისაპ
მანხველეუხას ან ბრატკუეხას. კრისტალოგრაფიული ღერძების განლაგების მიხედვით
რომბოედრი შეიძლება იყოს I, II, ან III ტვარის (ნახ. IV.73).

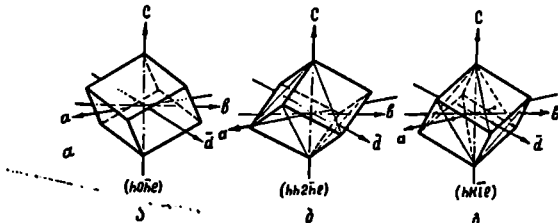


ნახ. IV.71. ნაჭრიუმის პერიოპატის
კრისტალი (სიმეტრიის L_3 სახე)

ნახ. IV.72. რომბოედრი მიიღება
კუბის ეფორმაციით

ტარაპ ამისა, I და II ტვარის რომბო-
ედრს შეიძლება ჰქონდეს პაეპმიოი ან უარყო-
ფიოი ორიენტაციოა, ხოლო III ტვარის რომბოედრს — ობნაირი ორიენტაციოა (ნახ. IV.74).

რომბოედრული სიმეტრიის მქონე კრისტალებიდან მატალიისსაევის ტავარჩიო
იღმენიფის ($FeTiO_3$) და ფენაკიფის (Be_2SiO_4) კრისტალები (ნახ. IV.75) იღმენი-
ფის კრისტალს აქვს ფორფიკუაჩი სახე, რაეგან ტანვიოარებულია მატონიკუო-
რის წახნაგები (წახნაგი 7). აქ ტანვიოარებულია ოხეი რომბოედრი: ორი I ტვარის,
პაეპმიოი და უარყოფიოი (წახნაგები 2 და 2') და ორი II ტვარის, პაეპმიოი და
უარყოფიოი (წახნაგები 3 და 3').

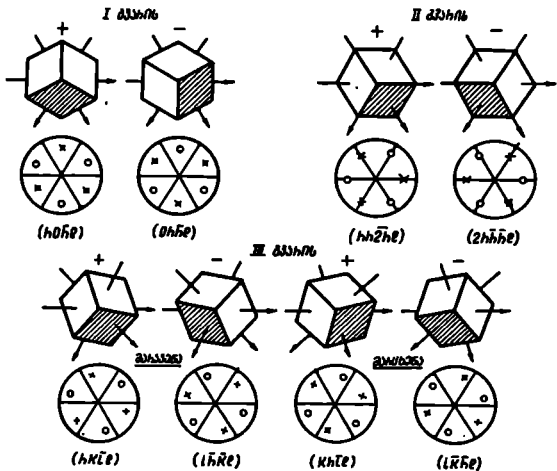


ნახ. IV.73. პირველი (ა), მეორე (ბ) და მესამე (გ)
ტვარის რომბოედრები

ფენაკიფის კრისტალებე ტანვიოარებულია IV ტვარის მარჩუენა პაეპმიოი რომბო-
ედრი (წახნაგი 1) და I და II ტვარის ჰექსაეპდრი პრიზმები (წახნაგები 5 და 6).

25. Սոմեթրոնի ֆրոնտալ-ֆրապեպոլար յլանքի արևի մեղրոք Սոմեթրոնի

ըրժքն— L_3 և Սոնի մարտն $3L_2$ • այժ Էջեղքնն Յոգրոն ԵանրաԷջնն Ման-
նայն Մեսնամննն սնարո մարտրոյ ֆրոնա-ֆրոնտրոյ ֆրապեպոլարո (ոն. Եանրա
11, 2, ֆրոնն 23). Ման այժն յճքնն ֆրապեպոլարո ֆրոննն Մաննայն և Մրոնդքնն ոցոն
մարտքննն սն մարտքննն ԵանրաԷջնն (Տան. IV. 76). Բորոյ յն ֆրոննն յնանֆրոնտրոյ-
րոն, Բորո ցրոյր մաժանն Մրոնդքնն յյրնքնն Բաքննն սն յարտրոյոն ֆրոնննԵանրա.

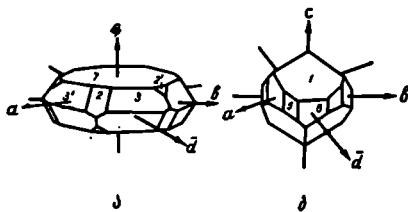


Տան. IV. 74. Բոմեթրոնի ՄեսնաԷջննն Մաննարո ֆրոնննԵանրա
Էլքննրոնն. ոնքննքննն Մոյքննն Բաժրոնննրոյ ՄաննաԷջննննն

Եանրա ֆրապեպոլարոնն այժ Էջեղքնն I Էլարնն Բոմեթրոնն-Բաքնննն $(h\bar{o}h\bar{e})$
և յարտրոյոն $(o\bar{h}\bar{e})$ ֆրոնննԵանրա: II Էլարնն ֆրոնտրոյ Ոննրոնննրոնն (+)
- $(h\bar{h}2\bar{h}\bar{e})$ և (-) - $(2h\bar{h}\bar{h}\bar{e})$; Բոֆրոնտրոյ յրոննն $(h\bar{k}\bar{l}\bar{e})$ Բաքնննն
և յարտրոյոն ֆրոնննԵանրա: I Էլարնն յճքննաԷլարնն յրոննն: II Էլարնն ֆրոնտրոյ
յրոննն (+) սն (-) ֆրոնննԵանրա և Մաննրոնննրոյ (Եանրա IV. 12. Սոմեթրո-
նն 25-յ յլանքն):

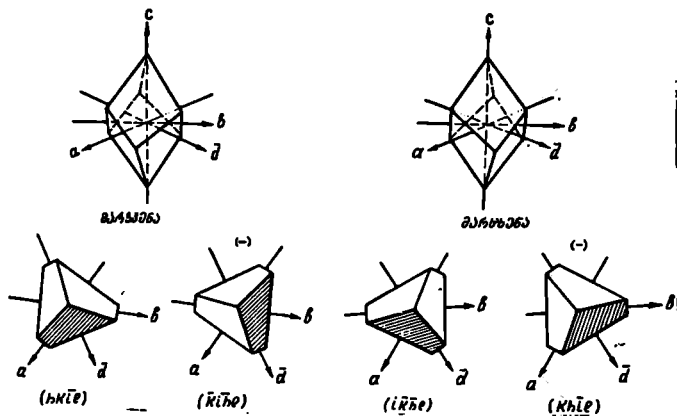
սն Սոմեթրոնի Մրոնն յրոննԵանրաԷլարնն ցրոննն ԵանրաԷլարնն ԲանրաԷլարնն-
ֆրոնտրոյ յլարնն (SiO_2) և Սոմեթրոն (HgS) յրոննԵանրա. Տան: IV: 77-Էլ Մոյքնն-
րոն յլարնն մարտքննն և մարտքննն յրոննԵանրա. այժ ԵանրաԷլարնն I Էլարնն
յճքննաԷլարնն յրոննն $(IOIO)$ (Մաննայն 5); Բաքնննն $(IOIO)$ և յարտրոյոն
 $(OIOI)$ Բոմեթրոն (ՄաննաԷլարնն 2 և 2'); մարտքննն սն մարտքննն ֆրոնտրոյ
ֆրապեպոլարո (ՄաննաԷլարնն I և 1') և Բաքնննն սն յարտրոյոն ֆրոնտրոյ Ոննրոնն-
նրոն (ՄաննաԷլարնն 3 և 3').

26. სიმეტრიის გეომეტრიკ-პირამიდული კლასი ხასიათდება მესამე რიგის სიმეტრიის ღერძით და მასზე ტრიაკული სიმეტრიის ხაზით სიმრგვლის; ჰორიზონტალური კრისტალოგრაფიული ღერძების გაყვანა ამ კლასში შეიძლება სამივე ღერძის გაშლატეხის სიმეტრიის სიმრგვლეში ან მათი სიმეტრიის სიმრგვლების მარჯონი



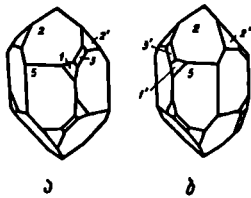
ნახ. IV.75. იღმენივის (ა) და ჯვანკივის (ბ) კრისტალები (სიმეტრიის L_3, C სახე)

მიმარჯულების განწვრივ განლაგებით (ნახ. IV.78). შევხვდეთ ამ უკანასკნელ შესაძლებლობაზე. რადგან აქ ჰორიზონტალური მიმარჯულებით არა გვაქვს მეორე რიგის სიმეტრიის ღერძები (და არც ჰორიზონტალური სიმეტრიის სიმრგვლე), გვუძნდება ამ კლასში მიპირამიდების ნაყვლაპ პირამიდები, რომლებსაც ეუფნება მუჟა და ეუუ-ჟა განლაგება.

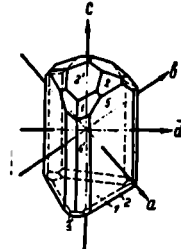


ნახ. IV.76: მარჯვენა და მარცხენა გრიტონული გრამელოვების ომხნაირი განლაგება

ბოგატი განლაგების წახნაგის შესაბამისი აქ იქნება ეტიმოლოგიური პირამიდა, რომელიც შედგება ექვსი ასიმეტრიული წახნაგისაგან (იხ. ტაბულა 11, 2, ფორმა 3). მას შეიძლება ჰქონდეს პაპებოი და უარყოფითი ორიენტირება (იხ. წახ. IV.64 და IV.65). განარჩენ მარტივი ფორმებს ჩვენ უკვე ვიყენებთ. (გრიტონული და ქვესატონური პირამიდები; ეტიმოლოგიური, გრიტონული და ქვესატონური პირამიდები და მიწოდები) (იხ. ტაბულა IV.12). ვარსკვლავით აღნიშვლილი მარტივი ფორმები საბაზაიპ შეიყვლება, ეს პირამიდულურ კრისტალოგრაფიულ იერებებს გაუგებარებო შეიქნება ირპი, გრიტონული პირამიდა ან პირამა იქნება ქვესატონური და პირამიდა.



ნახ. IV.77. კვარცის კრისტალები.
ა-მარჯვენა და ბ-მარცხენა
(სიმეტრიის L_2 , $3L_2$ სახე)

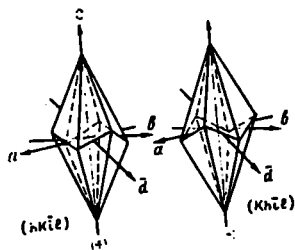


ნახ. IV.78. ფრმალინის
კრისტალი (სიმეტრიის
 L_2 , $3D$ სახე)

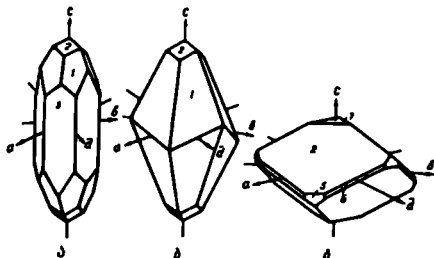
სიმეტრიის ამ კლასში კრისტალებიდან ნიკელის და ვერცხლის სუფიციები და სხვა მიწოდები. მაგალითისათვის გავარჩიო ფრმალინის კრისტალი (ნახ. IV.78). აქ განვიხილავთ: 1) გვარის უარყოფითი გრიტონული პირამა ($01\bar{1}0$) (წახნაგი 5); პაპებოი ეტიმოლოგიური პირამა (წახნაგი 4); ბუბა პაპებოი ეტიმოლოგიური პირამიდა (წახნაგი 1); ბუბა და ქვედა 1) გვარის გრიტონული პირამიდების წახნაგები: ($2'$) ბუბა პაპებოი ($HO\bar{K}L$), ($2'$) ქვედა პაპებოი ($HO\bar{K}L$), (2) ბუბა უარყოფითი ($OH\bar{K}L$), (2) ქვედა უარყოფითი ($OH\bar{K}L$) და უარყოფითი მიწოდები (0001) (წახნაგი 7):

27: სიმეტრიის ეტიმოლოგიურ-სკალენოედრიული კლასი გრიტონული სიმეტრიის მაქსიმალური სიმეტრიის ხარისხის მქონე კლასია. აქ ურბრუვარ არის L_2 , $3L_2$, $3D$ და C . ეხვედებიო ეიდე ურს ახალ მარტივი ფორმას ეტიმოლოგიურ სკალენოედრს, რომელიც შედგება 12 ასიმეტრიული წახნაგისაგან (იხ. ტაბულა 11, 2, ფორმა 28). იგი შესაბამებო ბოგატი განლაგების მქონე წახნაგს და მას შეიძლება ჰქონდეს ორწიანი ორიენტირება (ნახ. IV.79). განარჩენი ექვსი შესაძლებელი მარტივი ფორმა ჩვენთვის უკვე ვიყენებთ, ესენია: 1) გვარის ორმბოეპრი პაპებოი ($HO\bar{K}L$) და უარყოფითი ($OH\bar{K}L$) ორიენტირების, 11) გვარის ქვესატონური მიპირამიდა, ეიქვესატონური და ორიდე გვარის ქვესატონური პირამიდა და მამბოპირამიდა (იხ. ტაბულა IV.12). სიმეტრიის ამ კლასში კრისტალებო მრავალი მიწოდები. მაგალითისათვის გავარჩიოთ კალციის ($CaCO_3$) და მანგანის ($MgCO_3$) კრისტალები (ნახ. IV.80).

კარციტის კრისტალურებზე (ნახ. IV.80 ა და ბ) განვიხილოთ პიტიტის კრისტალური სტრუქტურა (ჩიქილი) (ნახ. I) (ნახ. I), რომელიც (ჩიქილი) (ნახ. I), (ორივე ფორმა პატიტის ნივთიერებისა) და I კლასის კუბური სტრუქტურის პიტიტი (1010) (ნახ. I). მაკლდონის კრისტალურებზე (ნახ. IV.80 გ) განვიხილოთ ფორმა არის რომელიც (ჩიქილი) (ნახ. I), ნაკლებად განვიხილოთ I და II კლასის პიტიტი (ნახ. I) და ბიპირამიდა (0001) (ნახ. I).



ნახ. IV.79. პიტიტის კრისტალური სტრუქტურები: პატიტი (+) და ბიპირამიდა (-) ნივთიერების



ნახ. IV.80. კარციტის (ა, ბ) და მაკლდონის (გ) კრისტალური (სიმეტრიის $L_3, 3L_2, 3D, C$ სახე)

ამდგარად, ტრიკლინიკური სინკლინიკური განხილული სიმეტრიის ხუთ კლასში ჩვენ შეგვიძლია გვთავაზობდეს ერთნაირი სახის განხილული კრისტალური სტრუქტურის ხუთი სახის მარტივი ფორმა: მონაკლინიკური პიტიტი-ტრიკლინიკური და ტრიკლინიკური, რომელიც, ტრიკლინიკური ტრაპეკლინიკური და ტრიკლინიკური სტრუქტურები.

სამუდამო კატეგორიის სამივე სინკლინიკური განხილული სტრუქტურის მარტივი ფორმა: 9-კატეგორიული სინკლინიკური, 11-კატეგორიული სინკლინიკური და 5-ტრიკლინიკური სინკლინიკური.

C. მარტივი კატეგორიის სინკლინიკური

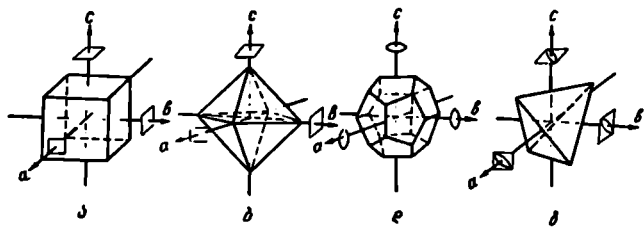
მარტივი კატეგორიის მარტივი ერთი კრისტალური სინკლინიკური სტრუქტურა, რომელიც სამივე კრისტალური სტრუქტურის მარტივი ფორმა და მარტივი.

$$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

კრისტალური სინკლინიკური სიმეტრიის ხუთივე კლასის კრისტალურებში ყველაზე არის სამი მარტივი ფორმა და ტრიკლინიკური სიმეტრიის მარტივი $3L_4$ ან $3L_2$, რომელიც ირჩევიან კრისტალური სტრუქტურის მარტივი ფორმის მარტივი ფორმა (ნახ. IV.81):

რადგან სამივე კრისტალური სტრუქტურის მარტივი ფორმა და მარტივი ფორმა, ამიტომ სტრუქტურის მარტივი ფორმა a, b ან c მარტივი: რომელიც კატეგორია

კრისტალს, ის იქნება მეორე δ ღერძი, განარჩენილი ირიდან ევრეკვიპოლურად გაიკრის მესამე \mathcal{L} ღერძი, ხოლო განკვირვებები ისაკენ იქნება მიმართული პირველი \mathcal{L} ღერძი. ერთეული ნახნატი მოკვეთს სამივე კრისტალოგრაფიული ღერძზე ზოგ პარამეტრებს, ე.ი. $A_0 = \delta_0 = C_0$. ეს იქნება ან იქცაერის (ნახ. IV.81 ბ) ან ტეტრაედრის (ნახ. IV.81 გ) ნახნატი.



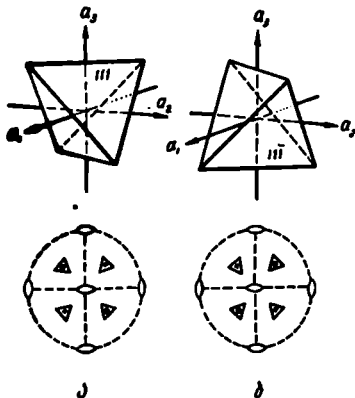
ნახ. IV.81. კუმური სინკონიის კრისტალებში სამივე კრისტალოგრაფიული ღერძი ემხებება $3L_4 - 6(a, b)$ ან $3L_2 - 6(c)$ ან $3C_4 - 6(a)$

კუმურ სინკონიაში ჩვენ შეგვეხებება 15 ახალი მარტივი ფორმა, რომლებიც მკვეთრად განსხვავდებიან ჰეკსაგონური ფორმებისაგან (იხ. ტაბულა 11, 2, ფორმები 33-დან 47-მდე). აქ სურს არ დავუწვდებთ მიწოდებები, პირაკოები, ბიპირამიდები და პრიზმები. იქნება მხოლოდ პახურული მარტივი ფორმები, ნახნატი სხვადასხვა რაოდენობით—იხ. ექვს რვა და ორმოცდაათნახნატიანი ფორმები. მათი სახელებიც სათანადოდ იქნება: ტეტრაედრი, ჰექსაედრი, იქცაედრი და ჰექსა-იქცაედრი (ექვსკუთ რვა ნახნატი) იხ. ტაბულა 11, 2-ზე შესაბამისი ფორმები (№№ 38, 33, 43 და 47). ეს ნახნატი ერთნაირი რაოდენობის მეორე ფორმები მეორედობან, მაგალითად, იოქცაედრები, ტრიტეტრაედრები ან ტრიიქცაედრები, მაშინ მათი ერთმანეთისაგან გასარჩევად წინ უმატებენ ნახნატის ფორმის პასახელებას. მაგალითად, ტრიტონ-ტრიტეტრაედრი, ტეტრატონ-ტრიტეტრაედრი და პენტატონ-ტრი-ტეტრაედრი (სათანადოდ—სამკუხედიის, ოხეკუხედიის და ხუეკუხედიის, ფორმის მეორე სამკუთ ოხნახნატი ფორმები) იხ. ტაბულა 11, 2-ზე შესაბამისი №№ 39, 40, 41 ფორმები.

განვიხილოთ კუმური სინკონიის მარტივი ფორმები სიმეტრიის კლასების მიხედვით (ტაბულა IV.13 და IV.14)

28. სიმეტრიის პენტატონ-ტრიტეტრაედრი კლასი კუმური სინკონიის ყველაზე პაბალი სიმეტრიის მეორე კლასია. მას ახასიათებს მხოლოდ სამკუთ სიმეტრიის $3L_2$ და $4L_3$ ელემენტები. ერთეული ნახნატი (III) ტრიტეტრაედრიული ელემენტი ემხებება მესამე რიგის სიმეტრიის ღერძების განისახლელებს. არსებული სიმეტრიის ელემენტების ერთობლიობა აპირებებს ერთგვარად ოხი ასეო ნახნატი არსებობას, რაც წარმოიქმნება ტეტრაედრის-მეექვსე ფორმას (ტაბულა IV.13). ტეტრაედრის ბიპირამიტივი ნიშნების ევრეტი გაიკრის მეორე რიგის სიმეტრიის სამი ღერძი, რომლებსაც ემხებება კრისტალოგრაფიული ღერძები. ოხი მესამე რიგის სიმეტრიის ღერძი გაიკრის ტეტრაედრის ნეკრომზე და ბიპირამიტივი ნახნატი ევრეტი. ტეტრაედრს აქვს პალებიოი (III) და უარყოფი (III) (ნახ. 11. 82) ორეფიყაია:

ურთი მრეწველთაგან მუგურში გაბასავებად საჭიროა კრისტალი მივარბუნოთ რომელიმე კრისტალიტრიაფილი ცურძის ტარში 90°-ით. პაქეტილი და უარყოფითი მრეწველთა ამ კლასში აქვთ ატრეფი იმ მარტივი ფორმებს, რომლებიც წარმოადგენენ ტეფრაუტრის "საფუძველებზე" ატრეფი ფორმებს, ასევე: პუნტაგონ-ტრიტეფრაუტრი (ნახ. IV. 82), ტრიტონ-ტრიტეფრაუტრი და ტეფრაგონ-ტრიტეფრაუტრი (ნახ. IV. 84).



ნახ. IV. 82. ტეფრაუტრი. ა-პაქეტილი, ბ-უარყოფითი სახანატი ტეფრილი

პუნტაგონ-ტრიტეფრაუტრი მტკატი განლაგების წახნაგის მუგურ ფორმასი

მუგურმა 12 ასიმეტრიული წახნაგისაგან და მუგურება პქონეს კახნაირი განლაგება: მარჯვენა-პაქეტილი (AKL) და უარყოფითი (AKL) და მარჯვენა-პაქეტილი (AKL) და უარყოფითი (AKL) (ნახ. IV. 82).

მუგურ და მესამე მარტივი ფორმების 12-12 წახნაგა პაქეტილი (AKK) და უარყოფითი (AKK) ტრიტონ-ტრიტეფრაუტრი (ნახ. IV. 84 ა) და პაქეტილი (AKL) და უარყოფითი (AKL) (ნახ. IV. 84 ბ) ტეფრაგონ-ტრიტეფრაუტრი.

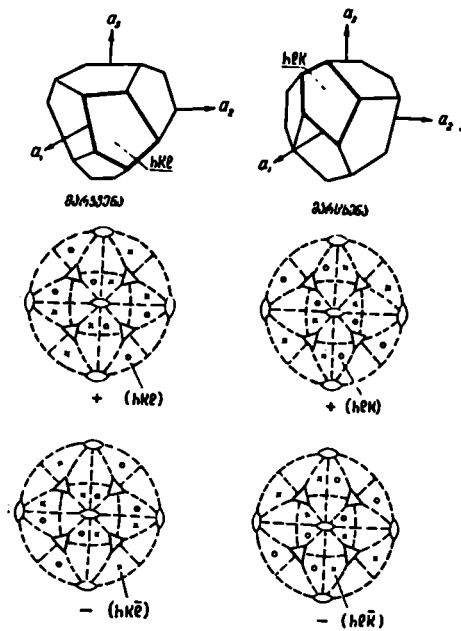
მუგურე ფორმა პუნტაგონ-პოქეუტრი, რომელსაც ატრეფი მუგურება პქონეს პაქეტილი (AKO) და უარყოფითი (AKO) მრეწველთა (ნახ. IV. 85). მუგურე მარტივი ფორმა მარჯვენა-პაქეტილი, მხოლოდ მის ყველა წახნაგს ექვს არა ხუთ-კუთხედიის, არამედ რომის ფორმა და ამიტომ მას უწოდებენ რომში-პოქეუტრი. მისი ინტენსივა (110) (ნახ. IV. 86 ა). მუგურე ფორმა პქესაუტრი, ინტენსივა (100) (ნახ. IV. 86 ბ). აღსანიშნავია, რომ არც რომში-პოქეუტრი და არც პქესაუტრი არ აქვს უარყოფითი მრეწველთა და რეტიკულ ამას ქვემოთაც პაქეტილი, რომელიც ეს ფორმა პქესაუტრი უკველი რჩება. კუმური სინკრინის სინტეზის ხუთ-სავე კლასში იცვლება მხოლოდ მათი წახნაგების სიმეტრიის ხასიათი (იხ. ფაბრიკა IV. 14).

კუბური სინგონიის პარტივი ფორმები

ფიგურა IV. 14.

სინგონიის კლასი და ფორმული	პარტივი ფორმები და მათი ნახაზების სინგონიის ხაზებით						
	1 (hkr)	2 (hkr)	3 (hkr)	4 (hkr)	5 (110)	6 (111)	7 (100)
28 პენტაგონ-ბიპირამიდული 3L, 4L.							
29 ეიქოედრალებული 3L, 4L, 3PC							
30 ჰექსაგონ-ბიპირამიდული 3L, 4L, 6P							
31 პენტაგონ-ბიპირამიდული 3L, 4L, 5L.							
32 ჰექსაგონ-ბიპირამიდული 3L, 4L, 5L, 6P							

სიმეტრიის განხილული კლასის მეორე კრისტალის საილუსტრაციო გადართი ნაფრინის ელემენტის კრისტალი ($N\bar{6} 2L_3$) (ნახ. IV.87). აქ განვიხილავთ პეტსავერის (ნახნაგი 7), პენტაგონ-ბიპეტავერის (ნახნაგი 4), რომბო-ბიპეტავერის (ნახნაგი 5) და უარყოფითი ტეტრავერის (ნახნაგი 6¹) .



ნახ. IV.82. მარჯვენა და მარცხენა პენტაგონ-ტეტრავერის და მათი შესაბამისი დადებითი და უარყოფითი ორიენტაციის ცენტრები

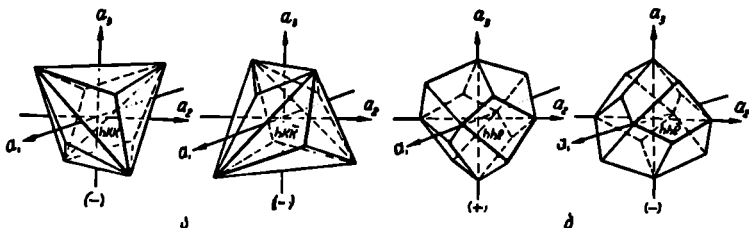
29. სიმეტრიის ბიპეტავერის * კლასი ხასიათდება სიმეტრიის $3L_2, 4L_3$

$3D^2$ და C ელემენტებით. წინა კლასთან შედარებით აქ ემატება სამი სიმეტრიის სიმბრყვე და ინვერსიის ელემენტი, ამიტომ აქ ელემენტარული ნახნაგი-(111) ბიპეტავერის ტეტრავერის ნაყვარა იქცევა, რვა ნახნაგა მარტივი ფორმას (გამოლა IV.13, ფორმა შედეგზე); სათანადო იქცევა "საფუძველი" ადგილი მეორე და მესამე მარტივი ფორმები იქნება 24-24-ნახნაგოვანი: ტეტრაგონ-ტრიკლინური (hkk) და ტრიკონ-ტრიკლინური (hkl) (ნახ. IV.88).

მოგადი განლაგების ნახნაგი (hkl) აქ წარმოიშობა 24-ნახნაგა ბიპეტავერის (ფორმა პირველი, გამოლა IV.13), რომელსაც პენტაგონ-ბიპეტავერის ანალოგიურად

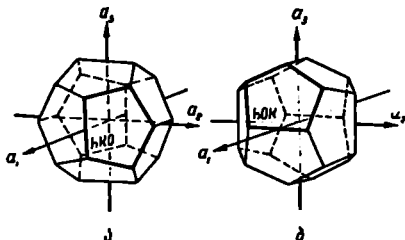
შეიძლება ჰქონდეს დადებითი (hKl) და უარყოფითი ($h\bar{l}K$) (ნახ. IV.89) იონი-ტაყიანა.

დანარჩენი სამი ნარჩევი ფორმა გეომეტრიულად უცვლელი რჩება. პენტაგონ-ბოდეკაედრს და რომბო-ბოდეკაედრს ექნებათ 12-12 მიწისსიმეტრიული წახნაგი, ხოლო



ნახ. IV.84. ა-დადებითი და უარყოფითი ტრიგონ-ტრიგე-რადერი, ბ-დადებითი და უარყოფითი ტეტრაგონ-ტრიგე-რადერი

ქვესაედრს-ექვსი ბისიმეტრიული წახნაგი (იხ. ტაბულა IV.14). ამ სიმეტრიაში კრის-ტალიდება ყველაზე გავრცელებული სულიფიდი-პირიტი (FeS_2), კობალტინი ($CoAsS$)



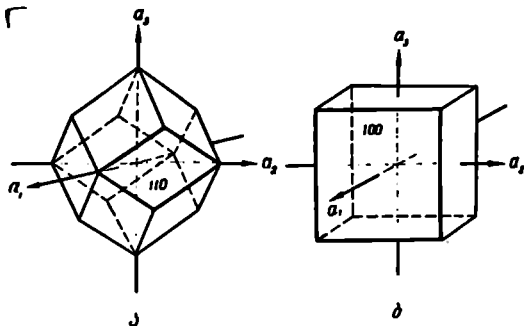
ნახ. IV.85. პენტაგონ-ბოდეკაედრი. ა-დადებითი, ბ-უარყოფითი

და სხვა სინერალები. ნახ. IV.90-ზე მოყენებულია პირიტიის და კობალტინის კრისტა-ლები, რომლებზედაც განთავსებულია ქვესაედრი (წახნაგი 7), პენტაგონ-ბოდეკაედრი (წახნაგი 4) და უარყოფითი ბოდეკაედრი (წახნაგი 1') და რომბო-ბოდეკაედრი (წახნაგი 1).

ბიზარაპ ამ მიწერალების კრისტალებზე ურთიერთობა უნდა იქნება პენტაგონ-ბოდე-კაედრის და ოქტაედრის წახნაგები (ნახ. IV.91, წახნაგები 4 და 6). როგორც მარ-ტვი ფორმის ყველა წიბო ტოლია, მათი მივიღებთ 20-წახნაგა კონმონაყიას, რომ-ღელსაც უწოდებენ აჭრევე ნიკსაედრს.

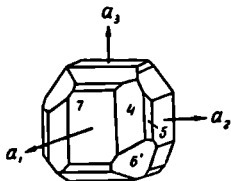
30. სიმეტრიის ქვესა-ტეტრაედრი კლასში არსებობს ურთიერთდარბობი სამი მუჯრ რიგის სიმეტრიის ღერძი. (ეს ღერძები ამავე დროს წარმოადგენენ მუჯრ რი-გის ინვერსიის ღერძებს), თხი მივსამე რიგის სიმეტრიის ღერძი და ექვსი ბიბო-ნაღური მიმარჯვების სიმეტრიის სიმეტრე, რომლებთანაც ირი ვერტიკალურია და

ოხვი დახრილი. ელემენტარული წახნაგის (111) შესაბამისი: მაგნიტი ჭრამა აქ ისევე შეფარებულია და შენეგატონ-ფრიფტეფრადერის კლასის ანალოგიურად ერთმეფრიურად მიორდება ფრეფონ-ფრიფტეფრადერი და შეფრატონ-ფრიფტეფრადერი (იხ. აფბურა IV.14).



ნახ. IV. 86. ა-რომბო-როგუკადერი, ბ-ქვესადერი

გარდა ამისა, აქ არსებული სიმეტრია პირობებს რომბო-როგუკადერის და ქვესადერის არსებობასაც. ახალი ნარტივი ჭრამები აქ 24-24-წახნაგუანი ქვესა-ფრეფრადერი და ფრეფრა-ქვესადერია. ქვესა-ფრეფრადერი (ნახ. IV.92) წარმოადგენს მრგვალი განლაგების წახნაგის შესაბამის ჭრამს და მუიოდება ქუონდეს რადებში (AKL) და უარყოფითი (AKL) ორიენტაციით.



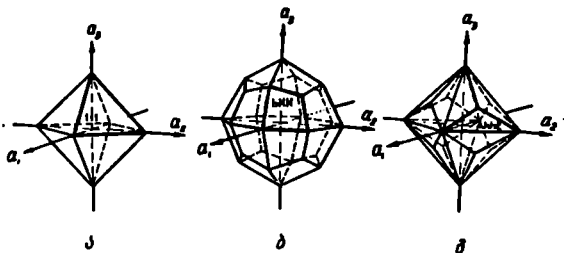
ნახ. IV. 87. ნაფრიუმის კორიონის კრისტალი (სიმეტრიის $3m2$ $4L_3$ სახე)

ფრეფრა-ქვესადერი მუიოდება 24 ასიმეტრიული წახნაგისაგან, რადგან სიმეტრიის არსებული ვუსუსვე სიარფევი გაივლის მხოლოდ მის წიბოებზე და არა წახნაგზე. ფრეფრა-ქვესადერს აქვს მხოლოდ ერთი ორიენტაციით, მისი ინდუქსები (AKL) შენეგატონ-როგუკადერის ინდუქსების ანალოგიურია.

განხილული სიმეტრიის ხარისხი ახასიათებს სფალერიტის (ZnS). კრისტალებს. ნახ. IV.94-ზე მოცემულია სფალერიტის ორი კრისტალი. პირველზე (კრისტალი ა) გამოვლადებულია 3 ნარტივი ჭრამი, რომელთაგან უფრო განვიშარებულია რადებში ფრეფრადერი (111) (წახნაგი 6). ნაკლებად არის განვიშარებული უარყოფითი ფრეფრადერი ($1\bar{1}\bar{1}$) (წახნაგი 6') და ქვესადერი (100) (წახნაგი 7). მეორე კრისტალზე (ნახ. IV.94 ბ) განვიშარებულია რადებში ორიენტაციის ფრიფონ-ფრიფტეფრადერი (AKK) (წახნაგი 2) და ფრეფრადერი (111) (წახნაგი 6).

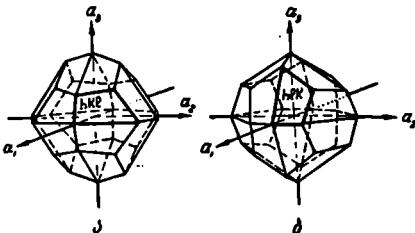
31. სიმეტრიის პენტაგონ-ტრიკლავრული კლასის ახასიათებელი მხრივი $3L_4$,

$4L_2$ და $6L_2$ სიმეტრიის ღერძების არსებობა. აქ არ არის არც ერთი სიმეტრიის სიმბოლო. მოტარე განლაგების ნაბნაგს შეესაბამება ახალი მარტივი ფორმა. პენტაგონ-ტრიკლავრული, რომელსაც ჩრდილოეთი ნაწილი მარჯვენა (hkl) და მარცხენა



ნახ. IV.88: ა-იქვადერი, ბ-ტეტრაგონ-ტრიკლავრული, ც-ტრიკონ-ტრიკლავრული

(hkl) (ნახ. IV.95) ფორმა აქვს. იგი შედგება 24 ასიმეტრიული ნაბნაგისაგან, რასობსაც ხუთკუთხედის ფორმა აქვს. ჩრ-ჩრდილოეთი ურთიერთგამკვეთი ფორმა ნიშნებით განარჩენი უქვის ფორმა ჩვენივეს უკვე ყნობილია: ტეტრაგონ-ტრიკლავრული (hkk), ტრიკონ-ტრიკლავრული (hhl), ტეტრა-კლავრული ($hkl0$), რომბი-იქვადერი (110), იქვადერი (111) და კლავრული (100) (გაბულა IV.13 და IV.14).

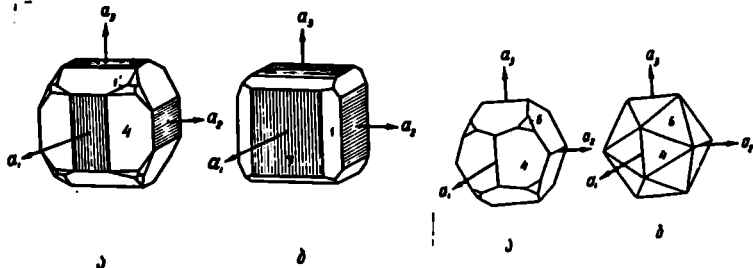


ნახ. IV.89. იქვადერი: ა-პაბეზიონი, ბ-უარყოფითი

გაპარჩიონი პენტაგონ-ტრიკლავრული სიმეტრიის სახის კუმრის (L_2L_2) კრისტალი (ნახ. IV.96). აქ განვიხილავთ სიმეტრიის მარტივი ფორმა, რომელიც მოხის გაბა-ტონებურია მარცხენა პენტაგონ-ტრიკლავრული (ნაბნაგი 1). განარჩენი ფორმებია იქვადერი (ნაბნაგი 6) და კლავრული (ნაბნაგი 7).

32. სიმეტრიის ჰექსაიქვადრული კლასი კუმრის სიმეტრიის ყველაზე მაღალი სიმეტრიის მქონე კლასია. აქ ურთიერთად არსებობს $3L_4$, $4L_2$, $6L_2$, $90^\circ C$, კრისტალიტრული ღერძები ემხებებიან მეოთხე რიგის სიმეტრიის ღერძებს. არსებული

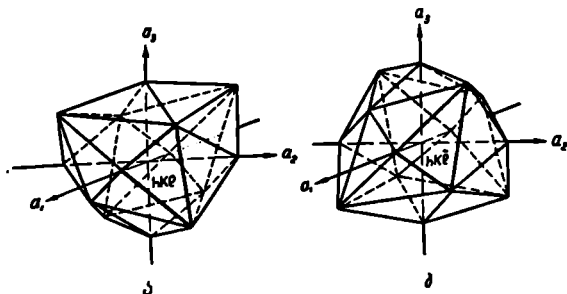
სიმეტრიის ცხრა სიმბოლურ სიმეტრიის 48 სფერული სამკუთხედავ. IV-13 ტაბულაზე მოცემული დეტალირებული განმარტებითაა მხირობ მება ნახევარსფეროს 24 სფერული სამკუთხედი. მთავარი ტანლაგების ნახნატი (hkl), რომლის ტანლაგებებიცაა ფიგურა დეტალირებული



ნახ. IV.90. ა-პირიტის, ბ-კობალტის კრისტალები. (სიმეტრიის $3L_2, 4L_3, 3P, C$ სახე)

ნახ. IV.91. ა-პენტაგონ-როტაქაერის (4) და იქვადერის (6) კომბინაცია, ბ-იტიუ ფორმები, რომელსაც ყველა ნიშნო ტოლია (იკოსაედრი)

მეტი სფერული სამკუთხედიანი სიმეტრიის სიმეტრიის პირებში წარმოშობს 48-ნახნატიან მარტივ ფორმას ქვესაოქვადერს (ნახ. IV.97). ეს არის ნახნატიანი მარტივადერი რაოდენობის მქონე ფორმა და მისი ყველა ნახნატი ასიმეტრიული სამკუთხედავია. განმარტებით კერძო ტანლაგების ნახნატიანი, რომელთა

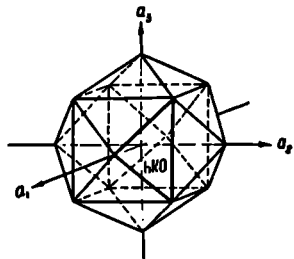


ნახ. IV.92. ქვესა-ტეტრაედრი. ა-დადებითი, ბ-უარყოფითი

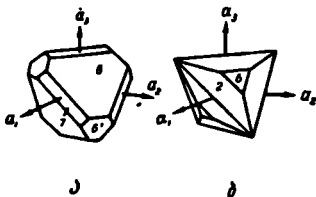
დეტალირებული სფერული სამკუთხედიანი ტეტრაედრული ტანლაგებები, მოცემულია 24-24 ნახნატიანი მონოსიმეტრიული ფორმების: ტეტრაგონ-ტრიკლაქაერს (hkk) (ნახ. IV.88 ბ), ტრიკონ-ტრიკლაქაერს (hkl) (ნახ. IV.88 გ) და ტეტრაქვესაედრს (hko) (ნახ. IV.93).

მეხუთე, მეექვსე და მეშვიდე მარტივი ფორმები, რომელთა საწყისი ნახნატიანი დეტალირებული სფერული სამკუთხედიანი ნუკლეობითაა ტანლაგებული, შესაბამისად

აქვეყნა (იხ. ტაბულა IV, 13 და IV.14): რომბო-ბოდეკაედრი (110) (დეცემილი L_2 ღერძის გამოსავლის ემხებევა), რომელიც 12 ენისიმეტრიული წახნაგისაგან შედგება, იუტაედრი (111) (დეცემილი L_2 ღერძის გამოსავლის ემხებევა), რომელიც შედგება

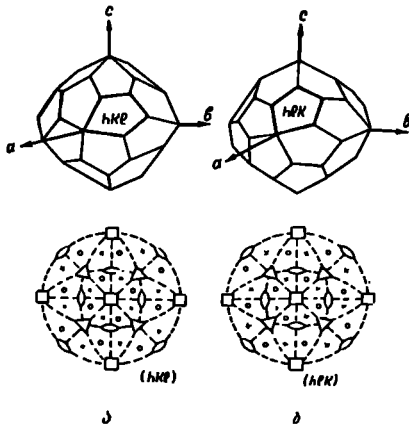


ნახ. IV.93. ტეტრა-ჰექსაედრი



ნახ. IV.94. სფერულიკის კრისტალები (სიმეტრიის $3L_2, 4L_2, 6P$ სახე)

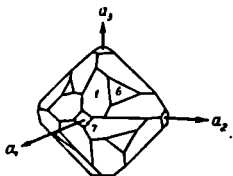
8 ტრისიმეტრიული წახნაგისაგან და ჰექსაედრი (100), (დეცემილი L_4 ღერძის გამოსავლის ემხებევა), რომელსაც ექნება 6 ტეტრასიმეტრიული წახნაგი.



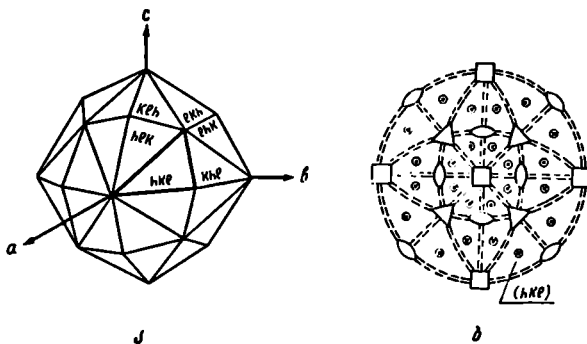
ნახ. IV.95. პენტაგონ-ტრიოქტაედრი. ა-ნარკვენა, ბ-მარყხენა შესაბამისი დეცემილებით

სიმეტრიის ამ კლასში კრისტალებმა მრავალი მიწერაი. მაგალითისათვის განვიხილოთ შპინდელის ($MgAl_2O_4$) და ტრანაგის ($Ca_3Al_2[SiO_4]_3$) კრისტალები (ნახ. IV.98).

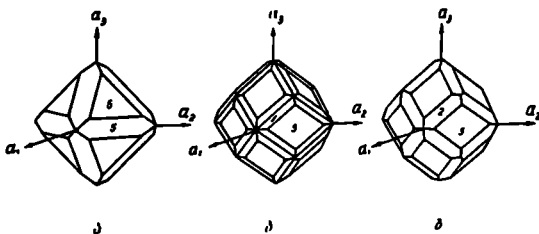
მინერლის კრისტალზე გვაქვს რომბოედრული (ნახნაგი 5) და ოქტედრის (ნახნაგი 6) კონსტრუქცია (ნახ.98 ა). გრანატიტის კრისტალზე ხშირად გვხვდება რომბოედრულიაერთიანი ერთაპ (ნახნაგი 5) ან ქვესაოქტედრი (ნახნაგის 1) ან გვჭრათ-გონ-გრიოქსაური (ნახნაგი 2) (ნაი. IV.98 ბ ც).



ნახ. IV.96. კუპრიტის კრისტალი (სიმეტრიის $3L_2, 4L_3, 6L_2$ სახე)



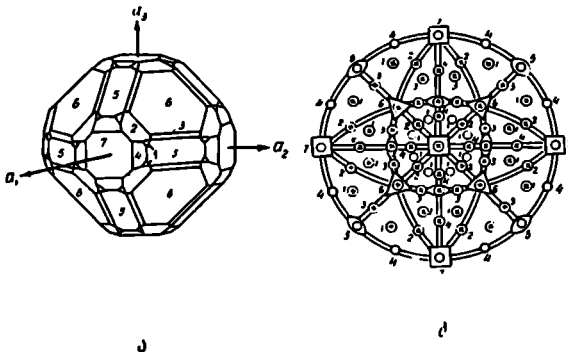
ნახ. IV.97. ქვესაოქტედრი (ა) და ბიტი ბეგმირი (ბ)



ნახ. IV.98. ა-მინერლის კრისტალი, ბ და ც-ცენტრის კრისტალი (სიმეტრიის $3L_2, 4L_3, 6L_2, 9C$ სახე)

ნახ. IV.99-ზე მოცემულია ფლორიტის (CaF_2) კრისტალი, რომელიც განვიხილავთ ერთხელაც მეორევე მარჯვნივ ღორსა. მათ წიხის უფრო დაწვრილ-რებულია ოქტედრის, რომბოედრული და ქვესაოქტედრის ნახსაგები. განარჩევი

სარტყვე ფორმები დასერიანებულნი ნაკლებად (ნაოჭიერ ფორმების წმენდასა და სხვა-
 ტანებას) გამოეყოფა 17.13-ში სოციალურ მარტივ ფორმებად რიგით ნომერს).



ნახ. IV.99. ფლორიტის კრისტალი (ა) და მისი დამბოლი (ბ)
 (სიმეტრიის $3L_4, 4L_3, 6L_2, 9PC$ სახე)

განხილული სიმეტრიის კლასებს აკმატებენ აგრეთვე სიმეტრიის ბარისხის მიხედვით. მაგალითად, შვიდივე სიმეტრიის ბარისხიანი სიმეტრიის ბუნებრივ კლასებს J, K, L, O, P, R, T, U (სრულანაწილად) კლასებს უწოდებენ. ყოველი ამ კლასიდან შეიძლება მივიღოთ შესაბამისი სიმეტრიის უფრო დაბალი სიმეტრიის კლასები, ეს შევამსიკრებ სრულანაწილად მარტივ ფორმების ნაწილად რიგებს 2-ჯერ ან 4-ჯერ. ნაწილად რაოდენობის შეზღუდვების მიუხედავად უწოდებენ $B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z$ მიუხედავად (ბუნებრივი სიმეტრიის „მეორის“-ნაწილი და „მესამის“-ნაწილის მიხედვით). მეორეხარული მიუხედავად მიუხედავად კლასებს უწოდებენ $A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z$ (ნახევარანაწილად) და $\Theta, \Psi, \Phi, \chi, \psi, \omega, \nu, \mu, \lambda, \kappa, \iota, \hbar, \gamma, \beta, \alpha$ (მთლიანანაწილად). „ქვი“ ბუნებრივად ნახევარს ნიშნავს, სილი „ფორმის“ მთლიანად. (იხილეთ ტაბულა IV.15).

ტ ა ბ გ დ ე ვ ჯ კ ლ IV.15.

მეორეხარული მიუხედავად სიმეტრიის კლასები

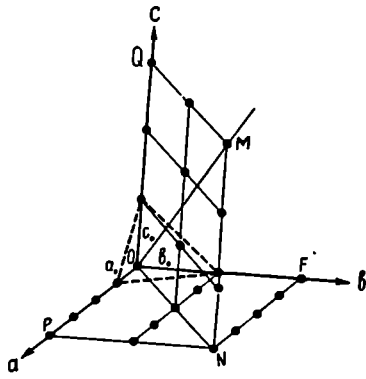
	კუბური	ფორტი- ნიკელი	ქვესა- ფორტი	ფორტი- ნიკელი	რამბული	მინი- კლინიკური	ფორ- კლინიკური
კოორდინირებული	H32- O_A	H27- D_{3d}	H20- D_{6h}	H13- D_{3h}	H8- D_{2h}	H5- C_{2v}	H2- S_2
კუბური	H31- O	H26- C_{3v}	H22- D_{3h}	H15- D_{2d}	H7- D_2	H4- C_{1h}	H1- C_1
	H30- T_d	H25- D_3	H19- C_{3v}	H12- C_{2v}	H6- C_{2v}	H3- C_2	
	H29- T_h	H24- S_6	H18- D_6	H11- D_4			
			H17- C_{6h}	H10- C_{4h}			
ფორტი- ნიკელი	H28- T	H23- C_3	H21- C_{3h}	H14- S_4	-	-	-
			H16- C_6	H9- C_4			

სიმეტრიის კლასები აღნიშნულია მენდელეევის მიხედვით

Տաբ. IV.100-ձյ α, β և γ միմարտուղքները ցամաքախառն մուլցնելի յրկ-
 օղիս յրկնագլոխափող լրբմբն, երր α, β և γ միս յրաղլի յար-
 մեղրմիս. սրնմնլի OM երմոս միմարտուղքս ցսսսսսսս միս յարաղլլրսր
 յրկնագլոխափող լրբմս սսնլի O երրղիղեղ ցսղիս. սղլրր սս սսսեղ ղրմղլղմ
 M , երրղիղ ևս յրսղրր միս յրրրրրրրր. սմիսսսղիս M , երրղիղրրսր
 յնրս ցսղսսսրր γ լրբմիս յարաղլլրսր MN մրնսղլղի $\alpha\beta\gamma$ սրնրղլիս
 ցսսսղլղսսսր. N երրղիղրրսր յնրս ցսղսսսրր α և β լրբմբնիս յարաղլ-
 լրսր NF և NP մրնսղլղեղ, մղղղղեղ M , երրղիղիս յրրրրրրրր:
 α լրբմեղ OP , β լրբմեղ OF և γ լրբմեղ OQ մրնսղլղեղն (սսսսս-
 րսն սղղրսր α սն, ղրն $OQ = M, N$). սնրս յնրս ցսնղսսսղղրրրր ղսմղրն յրաղլի
 յարմեղրի մրաղլղղեղս մղղղղղ յարմեղրեղմի. սմիսսսղիս յնրս ցսմղղղսնցսրրրր
 յղղղղղ մեղսրղեղս:

$$\frac{OQ}{\alpha} : \frac{OF}{\beta} : \frac{OP}{\gamma} = z : s : t,$$

Սսսս z, s և t մարղղղի մեղղի ղղղղղղղ, ղրմղղղղ ցսմղղղսն OM
 երմոս ղրղղղղղ. սմ ղրղղղղղիս յրրրրրրր, α սնղղիս յսսրրրրրրրր
 յրղղղղ երմոս սրնմղղղ ևս սրնմնսղլղ $[z, s, t]$. Տսբ. IV.101-ձյ մղղղղղղ



Տսբ. IV.101. OM երմոս սրնմղղղ $[423]$

OM երմոս միմարտուղքս ևս α, β և γ յրաղլի յարմեղրեղի. սղղղղ
 ևսսրղղղղ, ղրն OM երմոս ղրղղղղղղ ղղղղ

$$\frac{OP}{\alpha} : \frac{OF}{\beta} : \frac{OQ}{\gamma} = 4 : 2 : 3,$$

եղղղ միս սրնմղղղ - $[423]$.

ղմ սրնրղղղղղղիսսղղիս, ղրմղղղղղղ սսս-սսմի յրկնագլոխափող լրբմս,
 յրղղղղ α լրբմիս ևս սղղղղ միս յարաղլլրի երմոս սրնմղղղ ղղղղ

მატრიცა, ეს ცნობილია კრისფარზე ორი წახნაგის ინდექსები, შესაძლებელია მათ მიერ წარმოშობილი წიბოს ინდექსების გამოანგარიშება ან პირიქით. მოყვანილი ორი წიბოს ინდექსებით გამოვიყვანოთ ამ წიბოებზე გამავალი (ან მათი პარალელური) შესაძლებელი წახნაგის ინდექსები. გავშვათ, რომ მოყვანილი ორი წახნაგი, სიმბოლოებით $(P_1 P_2 P_3)$ და $(q_1 q_2 q_3)$ და საფიქროს ვიპოვოთ მათი საერთო წიბოს სიმბოლო $[z_1 z_2 z_3]$. რაღვან საძიებელი წიბო გვს ორივე წახნაგზე, შეიძლება შემოვიღოთ შემდეგი ორი განტოლება:

$$P_1 z_1 + P_2 z_2 + P_3 z_3 = 0;$$

$$q_1 z_1 + q_2 z_2 + q_3 z_3 = 0.$$

ამ განტოლებების ამოხსნა გვაძლევს

$$z_1 : z_2 : z_3 = (P_2 q_3 - P_3 q_2) : (P_3 q_1 - P_1 q_3) : (P_1 q_2 - P_2 q_1).$$

აქნიშნული პასუხი შეიძლება აგრეთვე მივიღოთ შემდეგი მარტივი ხერხის დახმარებით:

1. გავწეროთ მოყვანილი წახნაგების ინდექსები ორ-ორჯერ თითო პეჯარში ერთ მიერის ქვეშ და მოვაყილოთ ორივე მხარეს კიდური ინდექსების სვეტები

$$\begin{array}{c|ccc|c} P_1 & P_2 & P_3 & P_1 & P_2 & P_3 \\ q_1 & q_2 & q_3 & q_1 & q_2 & q_3 \end{array}$$

გარჩენილი ინდექსები ჯვარედინად გაგვაშრავეთ. ყოველი წვეტილი სვეტის დაშრავეთა სხვათა მოტყევის საძიებელი ინდექსებს (გამრავლება იმეება ყოველი წვეტილი მარცხნიდან).

$$\begin{array}{ccc} P_2 \times & P_3 \times & P_1 \times P_2 \\ q_2 & q_3 & q_1 q_2 \end{array}$$

$$z_1 = (P_2 q_3 - P_3 q_2), \quad z_2 = (P_3 q_1 - P_1 q_3), \quad z_3 = (P_1 q_2 - P_2 q_1).$$

გაუარჩიოთ მატრიცები

მ ა ტ ა ო ე ო 1. მოყვანილი წახნაგები (221) და (111). ვიპოვოთ მათი გამაკვეთილი წარმოშობილი წიბოს სიმბოლო $[z_1 z_2 z_3]$

$$\begin{array}{c|ccc|c} 2 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array}$$

$$z_1 = (2-1) = 1, \quad z_2 = (1-2) = -1, \quad z_3 = (2-2) = 0$$

პასუხი: $[110]$.

მ ა ტ ა ო ე ო 2. მოყვანილი წიბოები $[230]$ და $[115]$. ვიპოვოთ მათი გამავალი წახნაგის სიმბოლო (hkl)

$$\begin{array}{c|ccc|c} 2 & 3 & 0 & 2 & 3 & 0 \\ 1 & 1 & 5 & 1 & 1 & 5 \end{array}$$

$$h = 15 - 0 = 15, \quad k = 0 - 10 = 10, \quad l = 2 - 3 = 5$$

შეკვეთის შემდეგ $h : k : l = 3 : 2 : 1$

პასუხი: (321) .

ჰექსაგონური და ტრიგონური სინტონის კრისტალებსავე, რომელთა გამო-
სახვა წარმოებს ომ-ომი ინდექსით, წიბოსა და მასზე გამავალი ნახნაგის ინდექ-
სებს შორის დამოკიდებულება გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$(P_1 - P_3) z_1 + (P_2 - P_3) z_2 + P_4 z_4 = 0.$$

მაშასადამე, ამ სინტონებისავეს მოყვნილი ორი ნახნაგის ინდექსებით
რომ ვიპოვოთ მათი გაპაკვეთით მიღებული წიბოს ინდექსები, ჯერ უნდა ვიპოვოთ
ფრჩხილებში მოყვნილი გამოსახულებანი (პამხმარე ინდექსები) და შემდეგ ვიმოქმე-
დოთ ისე, როგორც წინა მაგალითებში და ვიპოვოთ საძიებელი ინდექსი z_1 , z_2 და
 z_4 . გამაგებოთ ინდექსი (z_3) იქნება ორი პირველი ინდექსის ჯამი შემრუხებუ-
ლი ნიშნით.

მ ა ტ ა რ ი თ ი 3. მოყვნილი ნახნაგები (1120) და (0111). ვიპოვოთ
მათი გაპაკვეთით წარმოშობილი წიბოს სიმბოლო [$z_1 z_2 z_3 z_4$]

გამოვსახოთ მოყვნილი ნახნაგები პამხმარე ინდექსებით:

(1120) ნახნაგისავეს: $P_1 - P_3 = 1 - \bar{2} = 3$, $P_2 - P_3 = 1 - \bar{2} = 3$, $P_4 = 0$;

(0111) ნახნაგისავეს: $P_1 - P_3 = 0 - \bar{1} = 1$, $P_2 - P_3 = 1 - \bar{1} = 2$, $P_4 = 1$.

$$\begin{array}{c|ccc|c} 3 & 3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 1 & 2 & 1 \end{array}$$

$$z_1 : z_2 : z_4 = (3-0) : (0-3) : (6-3) = 3 : \bar{3} : 3 \quad z_3 = 0$$

პასუხი: [110].

მ ა ტ ა რ ი თ ი 4. მოყვნილი წიბოები [0001] და [1100]. ვიპოვოთ
მათზე გამავალი ნახნაგის სიმბოლო

ჯერ გამოვსახოთ მოყვნილი წიბოები პამხმარე ინდექსების საშუალებით, ეს
იქნება [001] და [110]; შემდეგ ცნობილი გზით ვიპოვოთ საძიებელი ნახნაგის
 h , k და l ინდექსები

$$\begin{array}{c|ccc|c} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & \bar{1} & 0 & 1 & \bar{1} & 0 \end{array}$$

$$h = 0 - \bar{1} = 1, \quad k = 1 - 0 = 1, \quad l = 0$$

$$l = -(h+k) = \bar{2}$$

პასუხი: (1120).

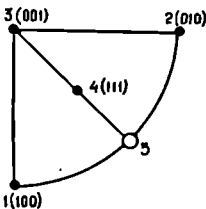
§ 11. 7. ზონათა აანოზი

ჩვენ გავყვანივთ ნახნაგთა ზონების ცნებას (მკვი IV, § 4) და აღვნიშნავთ,
რომ ზონის სტრუქტურული დაგმობი არის მისი ღერძის მართობი სობრფენის სტრუქ-
ტურული დაგმობი (ნახ. 111.26), ე.ი. ურთ მონათი შემავალი ნახნაგების ტნი-
მის სტრუქტურული დაგმობები განლაგებულია ურთ სობრფენში.

ნახ. 111.26-ზე კარგად ჩანს, რომ კრისტალის ყოველი ნახნაგი ურთრუკად
ავუჯენის რამდენიმე ზონას. ასე, მაგალითად, ნახნაგები m და l ურთრუკად
ავუჯენიან ორ-ორ ზონას, ნახნაგები o — სამ-სამ ზონას, ხოლო ნახნაგები n
და c — ურთრუკად ომ-ომ ზონას. აღნიშვნილიდან გამომდინარეობს, რომ კრისტა-
ლის ყოველი ნახნაგი მდებარეობს ორი ან მეტი ზონების გაპაკვეთაზე. ეს დამოკიდებუ-

ღება მიწვებსა და წახნაგების შორის პირველად იგი აქრინიშვილი 1804 წელს ბერძანული კრისტალოგრაფიის ხ.ს.ვ უ ს ი ს მიერ და იგი ფრანგილია როგორც მიწა (ანუ ვუნიონს) კანონი. ამ კანონს შეიძლება მივუყუთ შემდეგი ფორმულირებაჲ: $j k l - a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z$ - ღ ი ს შ ე ს ა ძ ლ ე ბ ე ღ ი წ ა ხ ნ ა გ ი ზ ე ს კ ა ნ ო ნ ს ა მ შ უ ა ლ დ ა ს ა დ - ლ ე ვ ს კ რ ი ს ტ ა ლ ბ ე ა რ ს ე ბ უ ლ ი მ ა რ ე ბ ი ს ს ა ლ უ ბ ე ლ ბ ე პ ა ვ ი გ ი ნ ო ს ვ ე ჯ ლ ა შ ე ს ა დ ლ ე ბ უ ლ ი წ ა ხ ნ ა გ ი ს ტ ა ნ ლ ა გ ე ბ ა ზ

მოყვებულია მაგალითად ომბი წახნაგის ტეტილი, რომელიც შორის ურს მიწას აკუთვნის ბზოლოპ ორ-ორი წახნაგი (ნახ. IV.104), საჭიროა ვიპოვოთ მეხუთე შესაძლებელი წახნაგის ინდექსები, რომელიც იქნება განლაგებული 1-2 და 3-4 მიწების გასაკვეთად. როგორც ვიცით, საძიებელი წახნაგი უნდა იქნება უნდა აკუთვნოდეს ორ-ვე მიწას. ამ პირობის დასაკმაყოფილებლად წახნაგი 5 უნდა გაიკეთდეს ორივე მიწის ნიშნობაჲ.



ნახ. IV.104. მეხუთე წახნაგის სიბზოლო იქნება (110)

ამასთან დაკავშირებით, საჭიროა ჯერ ვიპოვოთ 1-2 მიწის ღერძი ანუ წიბოს მიმართულება, რომელიც წარმოიშობა 1 და 2 წახნაგების გასაკვეთით. შემდეგ უნდა განვსაზღვროთ იგივე 3 და 4 წახნაგისაღვის და მიღებულ ორ წიბობზე გავაყაროთ საძიებელი წახნაგი 5 (ნახ. IV.104-ზე მოყვებულია მთელი ტეტილის მეომხევი ნაწილი):

1 და 2 წახნაგების საეროო წიბო იქნება:

$$\begin{array}{c|ccc|c} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \hline 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

[001]

3 და 4 წახნაგების საეროო წიბო იქნება:

$$\begin{array}{c|cccc|c} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array}$$

[110]

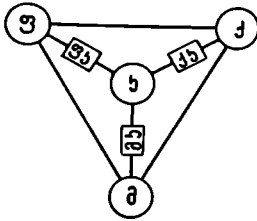
წახნაგი, რომელიც გაიკეთეს [110] და [001] წიბობაჲ იქნება

$$\begin{array}{c|cccc|c} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

(110)

ქ.ღუჯუში მინერალოგიური კრისტალოგრაფიის პრიბლემატიკაში მიძღვნილ პირველ საკავშირო საუწყებო-მეცნიერო-საეკონომიკურ და მრეწველობით-საგანმანათლებლო სამსახურში.

ბ. ბელოვა მოხდენილია გამოსახა კრისტალოგრაფიის გამოკვლევების სხვა მეცნიერებებთან სამკუთხედის საშუალებით (ნახ. V.1). სამკუთხედის ყველა მხარეს კრისტალოგრაფია, ხოლო წვერებში-საზღვრები: ფიზიკა, ქიმიკა და მინერალოგია. ამ მეცნიერებების კონტაქტში წარმოიშობოდა შესაბამისი საკანონო, რეგულირება ქიმიური, ფიზიკური და მინერალოგიური კრისტალოგრაფია.



ნახ. V.1. ბ. ბელოვის სამკუთხედი.

- კ-კრისტალოგრაფია;
- ფ-ფიზიკა;
- ქ-ქიმიკა;
- მ-მინერალოგია;
- ფკ-ფიზიკური კრისტალოგრაფია;
- ქკ-ქიმიური კრისტალოგრაფია;
- მკ-მინერალოგიური კრისტალოგრაფია

ყვარია, რომ წარმოგენილი სამკუთხედი რამდენადაც ამარტყვებს კრისტალოგრაფიის გამოკვლევების სხვა მეცნიერებებთან, შეაყაროს, მაგალითად, ნახ.

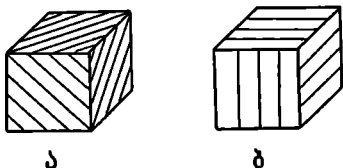
3-თან. აქ მოცემულია ახლად წარმოშობილი სატენების ადგილი. რაც შეეხება უმაღლესი კლასის, ავტორი აწინააღმდეგებს, რომ მთელი სამკუთხედი მტკიცეა რგის მათემატიკურ საფუძველზე.

მინერალოგიური კრისტალოგრაფიის სრული კურსი შეიკავს რიგობს კრისტალოგრაფიის, ისე მინერალოგიური ხასიათის საკითხებს. ყვარია, რომ მოკიდრით მათგანის განხილვას წინ უნდა უსწრებდეს მინერალოგიის კურსის შესწავლა. ქვემოთ განხილული იუნება მხოლოდ ის საკითხები, რომლებიც იჯვარისწინებენ კრისტალოგრაფიის საფუძველს. ეს საკითხები ეხება უმაღლესად რეალურ კრისტალოგრაფიის მრეწველობის საფუძველს. ეს საკითხები ეხება უმაღლესად რეალურ კრისტალოგრაფიის საფუძველს. ეს საკითხები ეხება უმაღლესად რეალურ კრისტალოგრაფიის მრეწველობის საფუძველს. ეს საკითხები ეხება უმაღლესად რეალურ კრისტალოგრაფიის მრეწველობის საფუძველს. ეს საკითხები ეხება უმაღლესად რეალურ კრისტალოგრაფიის მრეწველობის საფუძველს.

§ 2. კრისტალოგრაფიის საფუძველი და მისი მრეწველობითი საფუძველი

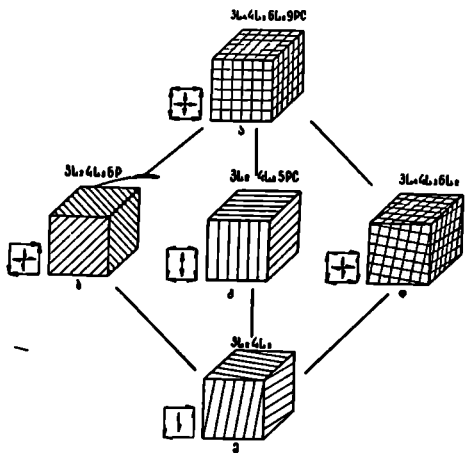
რეალური კრისტალოგრაფიის განხილვისას შევხვდებით მათემატიკურად გამოყარებული მარტივი ფორმების სხვადასხვა სახის გამოყარვებს. მაგალითად, ხშირია წახანაგების სიმრეცხეებზე დამახასიათებელი ხაზები და სხვადასხვა მოხაზულობის კაპარა ჩაღრმავებანი, ან მოკვებნი, ქ. ღ. უ. ი. ნ. ა. ლ. უ. რ. წარმოიქმნები, რომლებიც დაკავშირებულია კრისტალოგრაფიის მრეწველობით. გარდა ამისა, სხვადასხვა შემადგენლობის კრისტალოგრაფიის ერთი და იგივე მარტივი ფორმები ხშირად სხვადასხვა სიმრეწვისაა. მაგალითად, სფერული (ZnS) და პირი (FeS₂) კუბები სიმრეწვის სხვადასხვა კლასის კუბებიან, რასაც ხშირად მათ წახანაგებზე არსებობს

ბადები (მფრინებები) ადასტურებდნენ (ნახ.V.2). სფალერიტის კრისტალს ახასიათებს სიმეტრიის $3L_2, 4L_3, 3P$, ხოლო პირიტის კუბს კი სიმეტრიის $3L_2, 4L_3, 3PC$ ელემენტ-თა ურთობლიობა. პირიტის კუბის სამ წყვილ ურთიერთპარალელურ ნახნაგებზე ხშირად არის ერმანულის მარჯობი მიმართულებით მფრინებები, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ.V.2 ბ-მე.



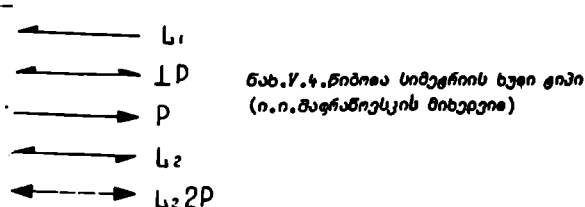
ნახ.V.2.სხვადასხვა სიმეტრიის კუბები.
ა-სფალერიტი; ბ-პირიტი

კუბური სინგონიის მარტივი ფორმების გარჩევასას ჩვენ უკვე აღვნიშნეთ რომ ჰექსაედრი კუბური სინგონიის სიმეტრიის ხუთსავე კლასში დიფერენციალურ უკუ-ღელი რჩება (იხ.ტაბულა IV.13 და IV.14) და იყვლება მხოლოდ მისი ნახნაგის სიმეტრია, მაშასადამე კრისტალოგრაფიულად არსებობს ხუთნაირი კუბი (ნახ.V.3),



ნახ.V.3.კრისტალოგრაფიულად განსხვავებული ხუთნაირი ჰექსაედრი (ა.ე.მუშნიკოვის მიხედვით)

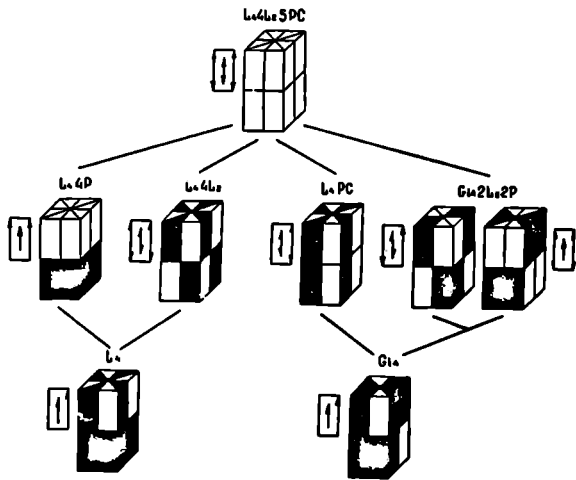
რომლებიც ურთმანვეთსაცან განსხვავებშიან წახნაგების სიმეფრიოთ. ჭამბურა IV.13-მე მოყმულია ხუთივე ქვესაგარის წახნაგის სიმეფრიოს ხარისხი; იმავე წახნაგების სიმეფრიოა ნახ.V.3-მე აღნიშნულია ი.მეფრანოესკის მიხედვით, რომელიც სასანაოთი ისრეუთი აღნიშნა წიბის მესაძეღმელი სიმეფრიოს ხუთაირი სახე (ნახ.V.4). აღნიშნული კუბების წახნაგების მარეოზურაჲ ტაფის ურე მუხმხევეაში L_4 და $4P$ (კუბი ა), ან Gi_4 და $2P$ (კუბი ბ), ან L_2 და $2P$ (კუბი გ), აგრე-ვე L_4 (კუბი დ) და L_2 (კუბი ე);



კუბურ სინტონიაში ხუთაირია აგრევე რომელი რიგეკარნი (იხ.ჭამბურა IV.13 და IV.14). საურეოთ, ტომეფრიოზურაჲ მუორებმა მრავალი მარევიოთი ჭრმა რეოთრე კუბურ, იხე სხვა სინტონიებში. მაგალითაჲ, ჭეფრატორული სინტონიის კრის-ტოლოტრაფიოზურაჲ განსხვავებული მარევიოთი ჭრმების საილესტრაციოთ განიხილოთ ჭეფრატორული პრიზმა. ნახ.V.5-მე მოყმულია მისი რეანაირი კრისტოლოტრაფიოთი სახე-სხვაობა სიმეფრიოს მუიოთი კლასის მიხედვით (იხ.ჭამბურა IV.10). მუიო და ჭეოთი ჭრით ნარევერებია სრეწახნაგევიანი ჭრმების ტაპასელა წახევერწახნაგევიან სახე-ობაში (ა.მუბნიკოესის მიხედვით). მუიო ჭრით აღნიშნულია კრისტალის ანეფიოთი ნაწილები.

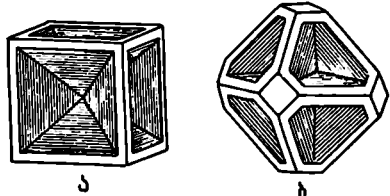
აქსანიშნავია, რომ სიმეფრიოს ჭეფრატორული სკალენეოტროს კლასში (Gi_4 $2L_2$ $2P$) ჭეფრატორული პრიზმა ირწანიოთ: ურე მუხმხევეაში მისი წახნაგების მარე-ბურაჲ ტაივიის მუორე რეიის სიმეფრიოს რეწი, მუორე მუხმხევეაში კი სიმეფრიოს სიმრეფე. სიმეფრიოს ჭეფრატორულ-პირამიოტული და ჭეფრატორულ-ჭეფრატორული კლასე-ბის ჭეფრატორული პრიზმის წახნაგების სიმეფრიოს განსხვავებმა მუოტმარეობს იხა-ში, რომ პირველი მუხმხევეაში წახნაგო პარალელორია სიმეფრიოს L_4 რეწისა და მუორე მუხმხევეაში ინვერსიის Gi_4 რეწისა. ტ.ბოკის განსაბეღოთ: "ორი ურწანიოთი მარევიოთი ჭრმა ფიბიკურაჲ (კრისტოლოტრაფიოზურაჲ) განსხვავებულა, ჭე ისიწი განსხვავებმა სიმეფრიოს ელემენტების ურეწილიობით ან ამ ელემენტე-ბის განსხვავებული ტანლატებითა წახნაგების მიზანთ". ასეოთ მიოტობის მუეოტაჲ ტ.ბოკიბი ტამოიფვანა 47 მარევიოთი ჭრმის 146 კრისტოლოტრაფიოთი სახესხვაობა (ჭამბურა V.1.), ხოლო ჭე ტავიოტალიწიწებოთ კოდეჲ მარევერწა და მარეხერწა ურწ-ფიოტიოტრე ჭრმებს, სურე მიოვილბოთ 19მ სახესხვაობას. ვევერამე რეიოთ რეოტრეწობა სიმეფრიოს განსხვავებული სახეობებისა აქეს პირაქოიფებს, რომლებიც მუიოტებმა იფის 2'-წარი (1-ფრიკლიწური, 4-მინიკლიწური, 3-რომბური, 5-ჭეფრატორ-რული, 3-ფრიკტორული და 5-ქვესაგორული). რეოთრე მოყვანილი ჭამბურიბან ჩანს, 19'-მარევიოთი ჭრმის კრისტოლოტრაფიოზურაჲ განსხვავებული სახესხვაობა არ ტარწია. ბუნებაში მიწურკლების კრისტალიზაციის ნორმალური პიოტიების ინვერსიოზური

ძარღვევების დროს მკვეთრად იცვლება სხვადასხვა მიმართულებით წახნაგთა შიგნის სიჩქარე და ამასთან დაკავშირებით იცვლება კრისტალის სახე, რაც შეიძლებაა კრისტალურბჭ უფრო სწრაფად უთხარგება მისი ამოძვეტილი წაწილები. (როგორცაა წვე-
რო ან წიბო), ვიძრე ღვიო წახნაგი. ამასთან დაკავშირებით, წარმოიშობა კრისტალთა
ვ.წ. ჩ რ წ ბ ი ს ე ბ უ რ ი ჟ რ მ ე ბ ი (ნახ. V.6).



ნახ. V.5. ტეფრატონული პრიზმის რუანაირო კრისტალტრანფორმული სახესხვაობა და მისი წახნაგების სიმეტრიის სახე

ი.შაფრანვისკომ ტაფაროვთა მოძღვრება კრისტალთა გარჯელებული ფორმების შესახებ და წახნაგისული ფორმებთან ურთოდ გამოქვეო წ ვ ე რ რ ს ე ე უ რ ი და წ ი ბ რ ს ე ე უ რ ი ფორმები, როშეოა შესწავლას იიიო მნიშვნელობა აქვს კრის-
ტალთა წარმოშობა პირობების დასაბუთსტებოაპ ან მათ წახნაგებზე სხვადასხვა ხა-
სთათის ტეფრატონის შიგნის წარმოშობის დასაბუთნაპ და სხვა კრისტალტრანფორმული
საკიოებების დასაბუთნაპ.

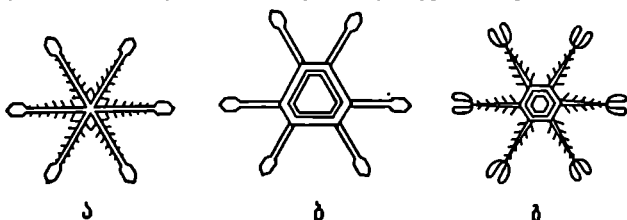


ნახ. V.6. კრისტალთა ჩონჩხისებური ფორმები. ა-ქვამარილი, ბ-პიროფი

შაბაღს V.1
47 მარცხენი ფრთის პრისტაორტაფორი სახასხაპაპაბი
(ტ.მ.ბოკის მიხევეთე)

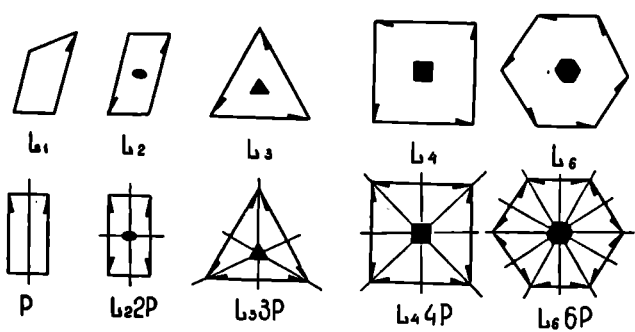
№ რიგბე	მარცხენი ფრთები	პრისტა- ორტა- ფორიპ ტანსხვა- ვბული ფორმების რაოდენი- ბა	№ რიგბე	მარცხენი ფრთები	პრისტა- ორტა- ფორიპ ტანსხვა- ვბული ფორმე- ბის რა- ოდენიბა
1	2	3	1	2	3
1	ბონიერნი	10	25	პეუსატორნი სკაღენიერნი	1
2	პინაკორი	21	26	პეუსატორნი პრინბმა	11
3	ბიერნი	3	27	პეუსატორნი პირამიბა	3
4	რომბული პრინბმა	4	28	პეუსატორნი ბიპირამიბა	5
5	რომბული ტეფრატორნი	1	29	პეუსატორნი ტრამეფორნი	1
6	რომბული პირამიბა	1	30	ბიპეუსატორნი პრინბმა	4
7	რომბული ბიპირამიბა	1	31	ბიპეუსატორნი პირამიბა	1
8	ტეფრატორული ტეფრატორნი	2	32	ბიპეუსატორნი ბიპირამიბა	1
9	ტეფრატორული პრინბმა	8	33	ტეფრატორნი	2
10	ტეფრატორული პირამიბა	2	34	ტრინტონ-ტრინტეფრატორნი	2
11	ტეფრატორული ბიპირამი- ბიბა	4	35	ტეფრატონ-ტრინტეფრატორნი	2
12	ბიტეფრატორული პრინბმა	4	36	პუნტატონ-ტრინტეფრატორნი	1
13	ბიტეფრატორული პინამ- ბიბა	1	37	პეუსატეფრატორნი	1
14	ბიტეფრატორული ბიპირამი- ბიბა	1	38	პეუსატორნი	5
15	ტეფრატორული ტრამეფორნი	1	39	ტეფრატეუსატორნი	3
16	ტეფრატორული სკაღენი- ერნი	1	40	ოქტაეფრატორნი	3
17	ტრინტორული პრინბმა	5	41	ტრინტონ-ტრინტეფრატორნი	3
18	ტრინტორული პირამიბა	2	42	ტეფრატონ-ტრინტეფრატორნი	3
19	ტრინტორული ბიპირამიბა	3	43	პუნტატონ-ტრინტეფრატორნი	1
20	რომბიერნი	3	44	პეუსატორული	1
21	ტრინტორული ტრამეფორნი	1	45	რომბიორექტაეფრატორნი	5
22	ბიტრინტორული პრინბმა	3	46	პუნტატორბორექტაეფრატორნი	2
23	ბიტრინტორული პირამიბა	1	47	ბიორექტაეფრატორნი	1
24	ბიტრინტორული ბიპირამიბა	1			

ჩონჩხისებური კრისტალები შეიძლება იყოს როგორც მრგვალი, ისე სივრცული ფორმის, მრგვალი წვეროსებული და წიბოსებრი ფორმის კარგი მაგალითია ლუციის ფიჭვი (ნახ. V.7), რომელთა წიბოები განლაგებულია არსებული სიბმეფრიის ხარისხის შესაბამისად, ხოლო მათ შორეულზე განლაგებულია წვეროსებული ფორმები:



ნახ. V.7. წვეროსებული და წიბოსებრი ფორმების კომბინაციის ლუციის ფიჭვებზე (ი. შაფრანოვის მინერალი)

ყველა შესაძლებელი წვეროსებული და წიბოსებრი ფორმის გამოყვანა შეიძლება სიბმეფრიის 32 კლასის სტერეოგრაფიული ტეტიროების გამოყენებით. აქ ჩვენ განვიხილოთ მხოლოდ მრგვალი ფორმები, რომელთა გამოყვანა რაკვავითრებულია სიბმეფრიის სიბმეფრიის 10 სახეობასთან (ნახ. V.8).

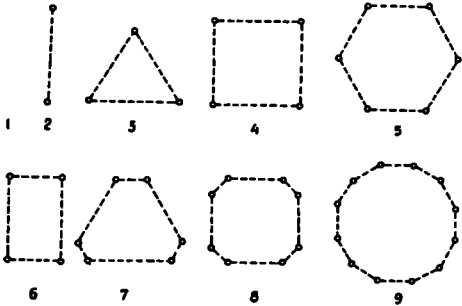


ნახ. V.8. სიბმეფრიის სიბმეფრიის 10 სახე

შესაძლებელი მრგვალი წვეროსებული ფორმების გამოსავლენად პირობითა აღვნიშნოთ ყოველი წვეროსებული და ვაშრავლთა მათი რიცხვი სათანადო 10-წიბრი სიბმეფრიის უღებუნებლის საშუალებით, მივიღებთ 9 ფორმას (ნახ. V.9).

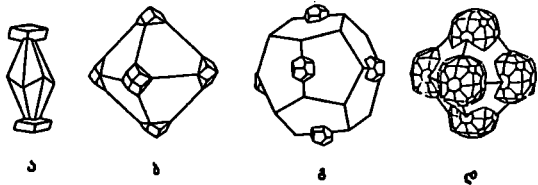
დადგენილია, რომ სივრცობრივი წვეროსებული რაკვავით ფორმების რაოდენობა 47-ითა და ამდენივეა უარყოფითი სახეობა. ნახ. V.10-ზე მოცემულია კაციფრიის, პიროფრიის და ფლორიფრიის კრისტალებზე განვიხილული ამავდ მიწერალებლის მეთოდ

დუნრეციის უფრო წერილი კრისტალების წვეროსტული ფორმა. მაგალითად ნან.7.10 ბ-ზე გამოსახული პირიფის პუნჯაფონ-ბოძუკაერძე განვიხარბული მერზე დუნრეციის ქვესაერძული წვეროსტული ფორმა;



ნან.7.9. ცხრა ბრფეული წვეროსტული ფორმა

შესაძლებელი ბრფეული წიბოსტული ფორმების გამოსაგვანად ავიღოთ მარტევი ფორმის რიბულიზე წიბო წრფის მონაკვეთის სახით, რიბულიც სიბრფეზე იქნება სხვადასხვაანარიცა ირიუნტირბული უკვე ხსენებული ანარი სიბრფეით სიბრფისის უღმუნტების მიმარა. ამ უღმუნტების საანადო მიუშეებების შეეგაპ მივიღებო წიბოების კონებს, ჩარჩობს ან ვარსკვლავებს. გვლა სიბრფეით სიბრფისის უღ-



ნან.7.10. წვეროსტული ფორმები: ა-კალიციის პინაკოიბური, ბ-პირიფის, ც-პა-ბ-ფლირიფის ქვესაერძული ფორმები

მუნტის მიუშეებების შეეგაპ მივიღებო 27 ბრფეული წიბოსტული ფორმას (ნან.7.11). სიბრფეობრივი წიბოსტული ფორმებიდან არჩევენ კარკასული ფორმებს, რიბულია საერო რაიბუნობა აღწეეს 303, მარ მორის: რაბალი კაბეტირისის სინტირბისსაბუის რაბ-დუნლია 18 ფორმა, სამუარო კაბეტირისსაბუის— 142 რა კუბური სინტირბისსაბუის— 143 კარკასული წიბოსტული ფორმა. გვლა ამ ფორმას აქვო რიტირც რაბეობით, იცე ვარტეფიით სახეხსვაიბუნო: ნან.7.12-ზე მიცეებულია რიტირბისის ($MnCO_3$) რიბიბეერი, რიბისის წიბოების ტასტეზე განვიხარბულია ილირბიფის ($CaMg(CO_3)_2$) წიბოსტული ფორმა.

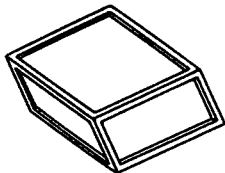
წიბოსული ფორმების ერთ-ერთ სახესხვაობას წარმოადგენს ე.წ. **ე ე ნ რ ი** -
ფ ე ბ ი, რომლებსაც მექანიკური დაფოკილი ფორმა აქვს (ნახ. V.13). გენერირე-
 ბი შეიძლება იყოს როგორც ბრჭყელი, ისე სამტანზომილებიანი სახის, რომლებიც და-
 ფოკილია და წარმოადგენს პარალელურ ორიენტაციაში მყოფი კრისტალების შენა-
 მარეს (ნახ. V.14). მაგალითად, ბალასი სპილენძის გენერირებები წარმოშობილია კუ-
 ბების მიმართ იქვეარული მიმართულებით (ნახ. V.14 ბ).

	1	1'	2	3	4
ხომავები	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14
მაგნიტი სივსები	11	110	13	16	17
	3)	18	19	20	21
ჩახორები	3)	111	22	23	24
	3)	111	25	28	27
სახსარ- სები					

ნახ. V.11. 27 ბრჭყელი მარტივი წიბოსული
 ფორმა

§ 1. 3. ძრისბალთა ანონომოვიმის შემსახრები

მუშებრივ პირობებში ინდივიდუალურად განვითარებული კრისტალები იშვიათად
 ძვლებდა. უფრო ხშირია მათი კვადრის შენაშარებები, რომელთა შორის არჩევენ
 შენახვევი (არაკანონზომიერი) და კანონზომიერ შენაშარებს.



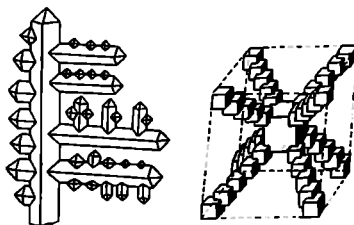
ნახ. V.12. ცილოზის წიბოსული ფორმა
 როქროზიფის რომბოედრის წიბოების
 ტანხვრივ (კ. ფონდელის მიხედვით)

არაკანონზომიერი შენაშარდებიდან აღსანიშნავია **რ უ მ ე ბ ი**. რჩება არის ურთ სიმრგვრეზე განლაგებული ურთი და იმავე ნიუთონურების კრისტალები ურთიდან-წეხიდან არაკანონზომიერად მიმართული ურთობლიობა. რჩებებს ხშირად იძლევა კუბური (მისი მართი), კალციტი, ბარიტი, მინერლის შიგვები და სხვა მინერალები (ნახ. V. 15).



ნახ. V. 13. მანგანუმის ჭანგულის გენერაციები

გაგენილია, რომ რჩებების ბრყის ერთს იგივე მნიშვნელობა აქვს კრისტალის ჩანასახის ზრუნველყოფის საწყისი. ბედაპირის მიმართ. გ. ტრიტონიუვის მიხედვით მრავალი ჩანასახიდან გამართი კრისტალებს შორის ხდება გომეფორული შეჩრევა და ძირითადად ურთარდება ის ინიციური, რომლის მიმართულია მიმართის სიმრგვის მართობი (ნახ. V. 16). ამით აიხსნება ისიც, თუ რაგომ არის კრისტალები მათსიძალე-რი ჩაოქუნება რჩების ქვედა ნაწილებში.



ბ

ნახ. V. 14. ხალასი სპილენძის გენერაციები.
ა-ბრყველი, ბ-სამგანზომილებიანი

კანონზომიერი შენაშარდებში შეიძლება იყოს ურთიერთპარალელური ან არაპარალელური. კრისტალები პარალელურ შენაშარდებს "ჯ ა ტ რ ს უ ბ ს" უწოდებენ. შენაშარდები შეიძლება წარმოგენილი იყოს ურთი და იმავე ნიუთონურების კრისტალბით ან სხვადასხვა მინერალით. განუხილეთ: ჯერ ურთი და იმავე მინერალის

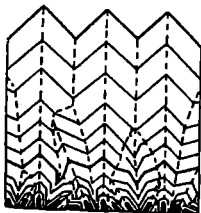
შენაბარებში, მაშ მორის პირველ რიგში აღსანიშნავია მადი, კვარცი, ბარიტი, პირიტი და სხვ: (ნახ. V. 17).

პარალელურ შენაბარებში სხვადასხვა მინის კრისტალების ურთი და იმავე მარტივი ფორმის ნახნაგები ურთიერთპარალელური არიან და ყოველი კრისტალის სტრუქტურა ზოგჯერ ურთიერთს უშუალო გაგრძელებას წარმოადგენს. სხვადასხვა მიწურაღის კანონზომიერ შენაბარებებს, რომელსაც ე. ი. გ ა ქ ს ი ა ს ურთიერთგანვიხილავთ ქვემოთ.



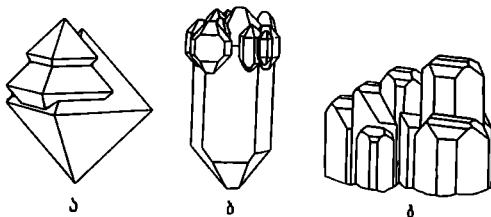
ნახ. V. 15. მის ბრლიის კრისტალთა გრუბა

ორი ან რამდენიმე კრისტალის ურთიერთკანონზომიერად ორიენტირებულ შენაბარებს მ რ ა ბ ლ ს უწოდებენ. მრჩობლი არის ურთი და იმავე ურთი-განვიხილვის ორი კრისტალის ისეთი კანონზომიერი შენაბარები, რომელშიც ურთი იწიკი ურთი შენაბარება შეუძლებელია მეთრეს ან მისი 180°-ით მობრუნებზე რთილი იმე ურთის გართმე ან არეკვლით რთილი იმე სიბრტყეში. მაგალითისათვის



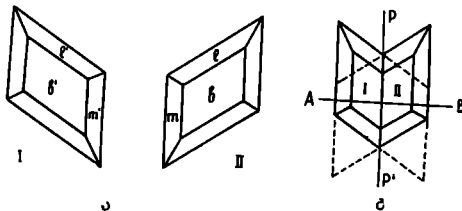
ნახ. V. 16. მის ბრლიის გრუბის განვიხარების სუბა (პ. ტრიტორიუვის მიხედვით)

ავიღოთ **აბაშირის** ირი ურთავი კრისტალი, რომელიც ეკუთვნის მონოკლინური სისტემის სიმეტრიის პრიმული კლასს (ნახ. V.18). ამ კრისტალზე განვიხილოთ პირველი კლასის პრიმისა ℓ და ℓ' (011), მესამე კლასის პრიმისა m და m' (11 $\bar{1}$) და მეორე კლასის პრიმისა b და b' (010). II კრისტალი



ნახ. V.17. კრისტალთა პარალელური შენადარებზე ა-შაბი, ბ-კვარცი, გ-მარტივი

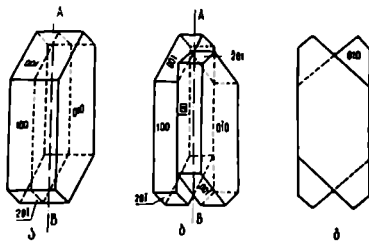
შემოძრუნებულია I კრისტალის მიმართ 180° -ით პერიოდული გრძობის გარშემო, რომელიც განლაგებულია ნახაბის სიმეტრეში, ეს ირი კრისტალი აღნიშნული იქნება იგივენივენი რომელიც შედარების ურთავის მეორე პრიმის მარჯვნივ სიმეტრიის განსწორებულ ვიწროებში მჩაბი (ნახ. V.18 ბ). შემოთ აღნიშნული განმარტების ანახაბამ ამ მჩაბში იგივენივენი ირი შეშავებულნი 180° -ით AB გრძობის გარშემო, იგივენივენი ავსებდა მეორეს, ან იგივენივენი რომელიც PP' სიმეტრეში, იგივენივენი



ნახ. V.18. აბაშირის მჩაბის ნარმოშობის სქემა

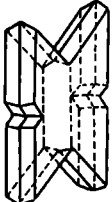
ავსებდა მეორეს. როგორც ნახაბიდან ჩანს, მჩაბზე ნარმოშობა ჩვეულებრივი კრისტალისაგან განსხვავებულნი l, l', m, m' ან l, l', m, m' კუხებში, აბაშირის მაგალითზე შემავალი კუხებში ნარმოშობილი პირველი კლასის პრიმის ნახაბში იქნება. აღსანიშნავია, რომ არსებობს ისეთი მჩაბები, რომლებსაც არ ახასიათებთ შემავალი კუხების ნარმოშობა. (მაგალითად, კვარცის ბიკური მჩაბები): ეს აღნიშნული კანონითურები ურთავისაგან შედარებით იგივენივენი კრისტალი, მაშინ მათ სათანადო ურთავები: l, l', m, m' (სამხამ მჩაბი), n, o, p, q, r, s და ასე შემდეგ (ნახ. V.24 ბ და V.41).

შემჩნობლების სიბრტყე $[001]$ -ის მართობა, ამ მჩნობი შემჩნობების ღერ-
ძი $[001]$ ღვეს შემჩნობის სიბრტყეში, ეს უკანასკნელი კი არ ემხვევა შემჩნობ-
ლების სიბრტყეს. ასეთ მჩნობებს β ა რ ა ლ ე ჯ რ მ ჩნობლებს უწოდებენ
წინაა დახმობული წ ა რ მ ა ლ ე ჯ რ ი (არაპარალელური) მჩნობებისაგან დახმობულ-
ბით, სპაიყ შემჩნობების ღერძი შემჩნობის სიბრტყის მართობა. ნარმალური მჩნობ-
ლები უფრო ხშირად გვხვდება, ვიდრე პარალელური მჩნობები.

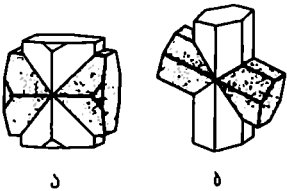


ნახ. V. 20. თრეკლიტის პარალელური მჩნობის სურმა

გარდა აღწერილი მჩნობებისა, რომლებშიც ჩრ იწვევივი ურმანვემან მხო-
ლოც მიმჩნობილია გარკვეული სიბრტყის გასწვრივ, არსებობს კიდევ ისეთი მჩნობლე-
ბი, რომლებშიც იწვევივივი ურმანვემან ჩამჩნობილია: ასეთ მჩნობლებს
ჩ ა მ რ მ ი ს მჩნობებს უწოდებენ. მაგალითად, ურმანვემან მიმჩნობილია აბა-
ძიჩის თრმა კრისტალია რომ დაწარმობს მრეა, მივლელებს ჩამჩნობის მჩნობებს, რომელიც
მივლევილია ნახ. V. 21-ბე. ასეთივე მჩნობებს ხშირად იძლევა მიწურაჩი სტაუროლიტი
 $(Fe Al_2 [Si O_4]_2(OH)_2)$ რომბული სინკონინის კრისტალიებისაგან, რომესაც ისინი
შემჩნობლებული არიან პირველი ტვარის პრინციპის მიმართ (ნახ. V. 22).



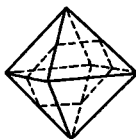
ნახ. V. 21. აბაძიჩის ჩამჩნობი მჩნობი



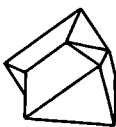
ნახ. V. 22. სტაუროლიტის ჩამჩნობი მჩნობი

კრისტალიურ კანონმიმევირებას, რომელიც განსაზღვრავს კრისტალია იწვევივიების
ურთიერთმართობებულებას მჩნობიში, უწოდებენ შ ე მ რ მ ბ ლ ე ბ ი ს
კ ა ნ ნ ს. იგი განისაზღვრება შემჩნობლების ღერძისა და შემჩნობის სიბრტყის
სიმბოლოებითა და მათი ურთიერთგანლაგებით. ამ კანონებს უმთავრესად ან იმ მიწე-
რაჩის სახელს უწოდებენ, რომელმედაც პირველად იგი დაგვიწვილი შემჩნობებში

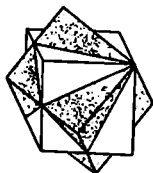
ბერბი, ამ იმ ადგილის სახელს, სადაც პირველად იყო იგი აღმოჩენილი. მაგალითად, მინერალ შიონდის ($Mg Al_2 O_4$) კრისტალბინსავეის დამახასიათებელია იგი ოქტაედრის შემრჩობლებმა ოქტაედრის ნახედავის. მიმარა (ნახ. V.23). შემრჩობლებს ამ ბერბს უწოდებენ შ ი მ ე ე რ ი ს კ ა ნ ე ნ ს. ასევე ივე სახის მრჩობლები ახასიათებენ ატრევეტ მატნევიტს ($Fe Fe_2 O_4$), ფლორიტს ($Ca F_2$) და სხვა მინერალებს. ამ მრჩობლებს (ოქტაედრის მიმარა) უწოდებენ მრჩობლებს შიონდის კანონის მიხედვით. მაგალითად, ნახ. V.24-ზე მოყვებულია ფლორიტის იგი ჰექსაედრის ჩაბრების მრჩობლი იმავე შიონდის კანონის მიხედვით: შემრჩობლებს ღერძი ირთვე ჰექსაედრის საერაო მესამე რიგის სიმეტრიის ღერძია, ხოლო შემრჩობლებს სიმბრევე კი (111)-ის პარალელურია და ემხვევა შემბრის სიმბრევეს.



ა



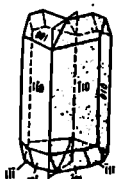
ბ



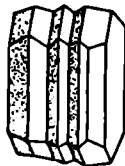
ნახ. V.23. ოქტაედრების შემრჩობლებს სვემა შიონდის კანონის მიხედვით. ა-ოქტაედრი, ბ-რემბოედრი, გ-შემრჩობლებს სიმბრევე, დ-მ-მრჩობლი

ნახ. V.24. ფლორიტის მრჩობლი შიონდის კანონის მიხედვით

მინერალი ალიტის ($Na [Al Si_3 O_8]$), რომელიც კრისტალდება ფრიტონული სინტონიაში, ხშირად იძლევა შემრჩობლებსა მუორე პინაკოიპის მიმარა (ნახ. V.25), სადაც შემრჩობლებს ღერძი მარაოზია (010)-ის, ხოლო შემრჩობლებს სიმბრევე ემხვევა შემბრის სიმბრევეს და პარალელურია (010)-ისა. ამ მრჩობლებს ა ლ ი ტ ი ს კ ა ნ ე ნ ს მრჩობლებს უწოდებენ.



ა



ბ

ნახ. V.25. შემრჩობლება ალიტის კანონის მიხედვით. ა-შემრჩობლება ირთვე ირთვე, ბ-პოლისინ-ეზური მრჩობლი

ნახ. V.25 ა-ზე მოყვებულია ირთვე ირთვეის შემრჩობლება, სადაც ერთვე ირთვეის მიმარაზეებულია მერის მიმარა 180° -ის პინიბონგალური ღერძის მიმარა. ალიტის კრისტალბინსავეის მუცად დამახასიათებელია ამავე კანონის რამდენიმეჯერ მან-მიმდევრული შემრჩობლება (ნახ. V.25 ბ). ერთვე ირთვე და იმავე მესიხ მრავალჯერ

თინაჰარა ლაჰარაჰი ღარაჰარაჰი თინაჰარაჰი
 ღარაჰარაჰი

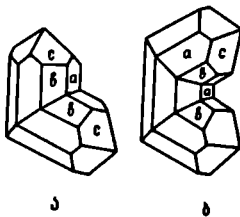
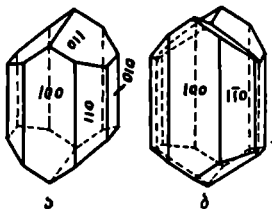
მეორეობების კარინის ჰარაჰარაჰი	რეჰარაჰი რინაჰარაჰი ჰარაჰარაჰი	მეორეობის სინარაჰი	მეორეობის რინაჰარაჰი	მეორეობის სინარაჰი	მ ე ნ ი მ ე ნ ა
1	2	3	4	5	6
მეორეობის სინარაჰი					
არაჰარაჰი	ჰარაჰარაჰი	(010)	1(010)	(010)	მეორეობის რინაჰარაჰი ნაბ:V.25
მეორეობის	ჰარაჰარაჰი რინაჰარაჰი	რეჰარაჰი კეჰი	[010]	1[010]	ნაბ:V.26
მეორეობის სინარაჰი					
კარაჰარაჰი	რეჰარაჰი	(010)	[001]	1[001]	მეორეობის ნაბ:V.20 ᰁ V.28
მეორეობის	კარაჰარაჰის რინაჰარაჰი ჰარაჰარაჰი	(001)	1(001)	(001)	ნაბ:V.29
მეორეობის	—	(021) (021)	(021)	(021)	ნაბ:V.30.მეორეობის ნაბ:V.32
ჰარაჰი	მეორეობის	(100)	(100)	(001)	მეორეობის ნაბ:V.18 ᰁ 19. ნაბ:V.33
მეორეობის ჰარაჰი	მეორეობის ჰარაჰარაჰი ჰარაჰარაჰი	1(001) (001)	(001) [რეჰარაჰი]	(001) 1(001)	ნაბ:V.32 მეორეობის ნაბ:V.27
მეორეობის სინარაჰი					
არაჰარაჰი	არაჰარაჰი	(110)	1(110)	(110)	მეორეობის ნაბ:V.31

1	2	3	4	5	6
სტავროლიტის ჯვარი	სტავროლიტი	(011) აწ(032)	↓(011) ↓(032)	(011) (032)	ნახ.V.22
	მონომერული სტრუქტურა				
მრბილი	კვარცი - (მარჯვენა და მარცხენა ნივთი- ები)	(1120)	L ₃	(0001)	მენაველი უახვეუნი არ ახასიათებს (ნახ.V.36 გ)
გოგინჯის	კვარცი (ორი მარჯვენა აწ ორი მარცხენა ნივთიები)	უსწორმას- წილი მუცა- პირი	L ₃	(0001)	მემრობლე- ბის მუცეაფ L ₃ ტაის L ₆ - ში. (მარც- ხენა აწ მარჯ- ვენა) ნახ. V.36 ა და ბ ნივთიები 0001 ტრეტი შირის კუხე 84°34'(ნახ. V.36 ბ)
იაპონის	კვარცი	(1121)	↓(1121)	(1121)	ნივთიები 0001 ტრეტი შირის კუხე 84°34'(ნახ. V.36 ბ)
კალციტის	კალციტი	(0111)	(0111)	(0111)	ბიორაპ პო- ლისნივთიები მემრობლე ნახ.V.38.
	კალციტი ქვიციტი	(0001)	L ₃	(0001)	ნახ.V.37.
	მონომერული სტრუქტურა				
მუხისებური	რუტილი კალციტი	(201) (101)	↓(201) ↓(101)	(201) (101)	ნახ.V.34 ნახ.V.35
	კვარცი სტრუქტურა				
მინერლის	მინერლი ფლორიტი მატეტიტი	(111)	L ₃	(111)	ნახ. V.23 ნახ.V.24
პირიტის აღმასის	პირიტის აღმასის	(110) (100)	L ₃	(111)	ნახ.V.39

ნივთიები ურმანეს უახვეუ-
ნიან კვარციურ ნივთიები არეკ-
ლით (ნივთიები). რადიოლოგიის
კალციტის ტრეტიტის მემრობ-
ლე (100)-ის ნიშნავ. ნახ.V.40.

მიმარჯვლი იგოს ერე მხარეს (ნახ:V.34 ბ) ან სხვადასხვა მხარეს: (ნახ:ბმე ან-
 ნიძვლია: Ω -(100) I I ავარის პრიზმა, Ω -(110) I I ავარის პრიზმა, Ω -($\sqrt{3}\sqrt{3}$)
 I I ავარის მიპირამიდა) ანალიტიკურ მრჩობლებს იძლევა კასიფეროციფ (SnO_2);
 რომლისთვისაც გამახასიათებელია შემავალი კუბელები როგორც პრიზმის, ისე მიპი-
 რამიდების წახნაგებს შორის (ნახ:V.35):

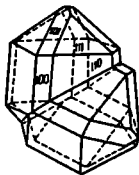
გროტონული სინტონის კრისტალებიდან განვიხილოთ კვარცის (SiO_2) და კალცი-
 ტის ($CaCO_3$) მრჩობლები.



ნახ:V.33: აუცილებლობის მრჩობლი (100)-ის მიმარჯვლ-სამხრისით კრისტალისა, ბ-მრჩობლი

ნახ:V.34: რეგულოს მრჩობლი (201)-ის მიმარჯვლ-მუხლისმუხრი მრჩობლი, ბ-სამხრისით

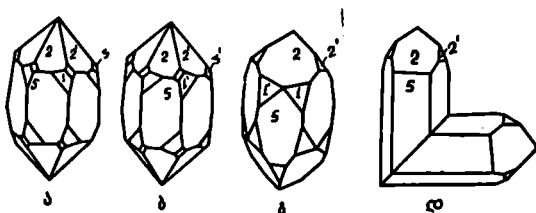
კვარცის კრისტალისთვის, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გამახასიათებელია ერე-
 გროული: განვიხილავთ I ავარის ქვესატონური პრიზმისა (1010) (წახნაგი-5) და
 დაეძმით და უარყოფითი რომბოედრის წახნაგებსა (წახნაგ 2 და 2') (იხ:ნახ:ბმე
 IV.77 და V.36): მათ შორის ჩვეულებრივად დაეძმით რომბოედრის წახნაგი ($10\bar{1}1$)
 უფრო განვიხილავთ ვიდრე უარყოფითს: ხოლო იმისდა მიხედვით, ეს რომელი გრო-
 ტონული გრამპტიედრის წახნაგია კრისტალზე-წარმოშობით, ჩვენ აუცილებდა სათანა-
 დო მარჯვენა ან მარცხენა კვარცის კრისტალი (ნახ:IV.77):



ნახ:V.35: კასიფეროციფის მუხლისმუხრი მრჩობლი (101)-ის მიმარჯვლ

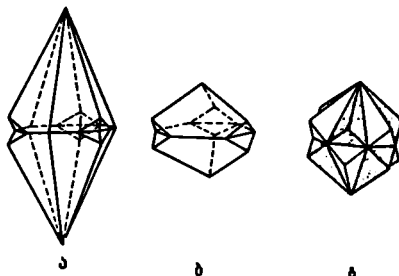
ეს ავთლები იმ მარჯვენა კრისტალს და ერე-ერე მათგან L_3 ღერძის გარ-
 ძემით შემოვიპარებთ 180° -ით და შემდეგ ერემანეთს შევუთავსებთ, მივიღებთ კვარ-
 ცის ე.წ: a, b, c, d, e, f, g, h მარჯვენა მრჩობლის (ნახ:V.36.ა): ანალი-
 ტიური მ ა რ ც ხ ე ნ ა მრჩობლი მიიღება იმ მარცხენა კვარცის კრისტალის
 შემრჩობლებით (ნახ:V.36 ბ): აქსანთიშავთ, რომ გოგონეს მრჩობლი ედმულობს მი-
 ვენებოთ სიმეტრიის (L_6 და $6L_2$) სახეს: აქტიური შემრჩობლების კანონი

ბამბახასისაგან მდებარეობს პარალელპიპედის კუბისაგან, შემდგომ სიმრგვლე აქ და-
 ლკნობი მდებარეობს, რომელიც მკაფიოდ ჩანს C ღერძის მართკუთხედში HF-ის
 მოქმედების შემდეგ:



ნახ. V.36 კუბის მრჩობლები: ა-მარჯვენა, ბ-მარცხენა-გოგონჯის
 კანონით, გ-ბრახილის და დ-ბამბახის კანონით (ნახ. V.36-ის
 აღნიშვნა ანალიტიკურა IV.77 ნახამის აღნიშვნებისა)

ესევე ურთიერთობა მდებარეობს კუბის მარჯვენა და მარცხენა კრისტა-
 ლებს, მაშინ მივიღებთ ვ.ნ. ბ რ ა მ ი რ ი ს მრჩობლს (ნახ. V.36. გ), რომელიც
 ღმრთობს სიმრგვლის ($L_3 3L_2 3PL$) სახეს; ამ მრჩობლში შემდგომ სიმრგვლე პარა-
 ლელპიპედი II ტარის პრიზმის ნახამებისა ($11\bar{2}0$). განსხვავებები სხვა მრჩობლები-
 საგან, აქვენივე კანონის მრჩობლებზე ჩამდებელი კუბები არ ვითარდება; აქს-
 ნიშნავთ ის გარემოებაც, რომ, ეს კრისტალიტი არ არის განვითარებული გრძელ-
 ტარის პრიზმის ნახამების, შემრჩობლებისაგან გარდაცხდებულია; გარდა ამ ირი
 მრჩობლისა, ბამბახის მართკუთხედში აღმოჩენილი იქნა კუბის შემრჩობლების კიდევ
 ურთი სახე, სადაც ირი ინივიტივი ურთიერთობა შემრჩობლებულია გრძელ-
 ტარის პრიზმის ($11\bar{2}1$)-ის მიხარე (ნახ. V.36. დ). შემრჩობლების ამ ხერხს ურთი-
 ბ ა მ ნ მ ი ს კანონს. შემრჩობლებული ინივიტივის L_3 ღერძებს შორის
 კუბე ხილვის მართობა— 60° .

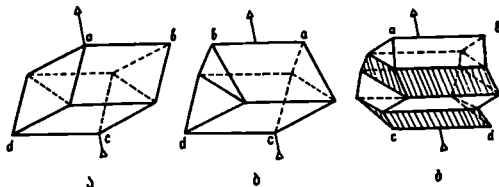


ნახ. V.37: კუბის მრჩობლები (0001)-ის მიხარე.
 ა-გრძელ-ტარის სკალენოედრის და ბ-რომბოედრის
 მრჩობლები; გ-ირი რომბოედრის ჩამდების მრჩობლები

კალციტის ($CaCO_3$)-კრისტალები იძლევიან, ძირითადად ორჯერ მრჩობლს: ერთი მახვილიანსავეის რამბანსადაველია შებრის სიბრვე (0001)-ის პარალელური, რომელსაც ემხვევა შებრისობლების სიბრვეც; ასე, მაგალითად, ნახ:V.37 ა და ბ-ზე მოყვლია ბიფრიტული სკალნოტერის და რომოტერის მრჩობლები (0001)-ის მიმართ, რომლებზედაც "ნარმოზობილია" პირიბონტალური სიბრვისის სიბრვე. ამ კანონი ცხებ-ედა ატრევე ჩაბრის მრჩობლები (ნახ:V.37 გ):

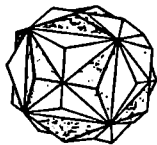
ხშირია კალციტის მრჩობლები რომოტერების მრჩობლები სანონალოტო ნიშნის რომოტერის მიმართ (ნახ:V.38), ატრევე პოლისინევეტური მრჩობლები, რომლებიც შეედა-ბა სხვადასხვა სისეს ბოლებსაგან:

კუმური სინკონის მრჩობლებიდან (ტარდა ჰვე ტარეული მინილის კანონისა) ტანვიბილით ვიდევი პირიგის და აღმასის მრჩობლები: პირიგის (FeS_2) კრისტალები იძლევა ორ პენტაგონ-ბოდეკაეპრის ჩაბრის მრჩობლს: ნახ:V.39-ზე მოყ-მულია ბაბეშით და უარყოფით ორიენტაციის პენტაგონ-ბოდეკაეპერი, რომლებიც ერმანვეში ჩაბრეილი არიან (110)-ის მიმართ.

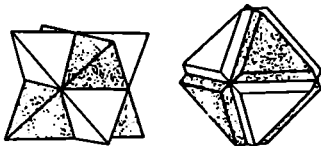


ნახ. V.38. კალციტის მრჩობლები (0111)-ის მიმართ: ა-სანციისი კრისტალი (რომოტერი), ბ-შემრჩობლებული ორი ინეივიტი, გ-"ოხებული"

აღმასის კრისტალებისავეის რამბანსადაველია ტვტრევერების ჩაბრის მრჩობლები, რომელთა შებრის სიბრვეები კუმის ნახნადების პარალელურია (სამი მიმართედა). ნახ:V.40 ბ-ზე მოყვლია აღმასის მრჩობლი, რომელიც იძლევა ფსევეტ-რევეტერის ფრმბა.

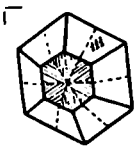


ნახ:V.39. პირიგის ჩაბრის მრჩობლი (110)-ის მიმართ

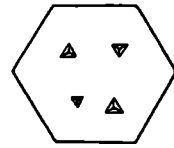


ნახ:V.40. აღმასის ჩაბრის მრჩობლი (100)-ის მიმართ. ა-ბაბეშით და უარყოფით ტვტრევერები, ბ-ფოველი ინეივიტი ბაბეშით და უარყოფით ტვტრევერის კონბინაციას

იმ შემჩნობლებს, რომლებიც იწვევენ დაბალი სიმჭროვის მქონე ინდივიდუებს ხარჯზე უფრო მაღალი სიმჭროვის მქონე კრისტალების წარმოშობის იმიტაციას, მ ი მ ე ტ ვ რ მჩნობლებს უწოდებენ. ასეთი მჩნობლებს კარგი მაგალითია ქრომობეროლის ($BeAl_2O_4$) ჩამრის მჩნობლი (სამუელი) (001)-ის მიმართ (ნახ. V.41), სადაც რომელი სინკლინის სამი ინდივიდის ჩამრის შედეგად ვრცელდება ფსევდო-ჰექსაგონური სინკლინის კრისტალს. ეს ასეთ მჩნობლებს არ უნაჩვენებს შემავალი კუთხეები, შემჩნობლებს მიტეოლოგებს მხოლოდ პირველი პიდაკოპის წახნაგზე არსებული - ლრძის პარალელური მჭრისების სხვადასხვა მიმართებება. ნახამდე წყვე-ფორი ხამხე აღნიშნულია ინდივიდების სამჭრელები.



ნახ. V.41: ქრომობეროლის ფსევდოჰექსაგონური სამუელი



ნახ. V.42. KJ-ის კუბების კანონზომიერი მიმართებები მუსკოვიტის III პიდაკოპზე

შემჩნობლებს წარმოშობი მიტელები მელიანდა არ არის დატყვევნილი. მოცილონი ნივთიერებისავეის შემჩნობლება სჯე არ არის ცნობილი, მოცი კი უმთავრესად შემჩნობ-ლებს მტეობარეობაშია წარმოტყვევნილი. დატყვევნილია, რომ შემჩნობლება ძირითადად კრისტალიზაციის პროცესის დასაწყისში ხდება ხსნარში ან მდნარში. ა.ე. მუშნიკოვმა დაატყენა მჩნობლების წარმოშობის ხუთი შემთხვევა:

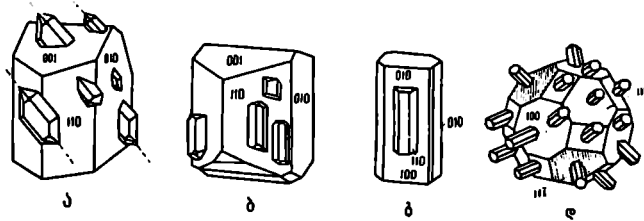
1. კრისტალიზაციის დასაწყისში, ჯერ კიდევ მეორე ბოზის კრისტალების შემთხვე-ვით შემჩნობლებსეული ორიენტაციითი შემთხვის შედეგად;
2. კრისტალის ჩასახვისას მისი შემთავებელი ნივთიერების მოტყვევების ურთიერ-შემჩნობლებსეული ორიენტაციითი განლაგების და მოტყვევების შემტეობი სათანადო და-რეების შედეგად;
3. გატეოლი კრისტალის წახნაგზე მოტყვევების შემჩნობლებსეული მტეობარეობაში განლაგების შედეგად;
4. ნივთიერების ურთი მოტიტყვევითი მქონე მოტიტყვევითი ტეპასების შე-დეგად;
5. მტეანიკური ტეგალების შედეგად (მატეოტეა ტევეის შედეგად).

შემჩნობლებებისა და პარალელური შენამარეებისსაგან ტანსხვევებითი მუნდა-ში ტეხელება ატრევე სხვადასხვა მიწარალის (ნივთიერების) კანონზომიერი შენა-მარეები, რომლებსაც პიდაკოპზე შენამარეების ანუ ე პ ი ტ ა ქ ს ი ა ს ურ-ეებენ. (მუშნიკოვი სოფევი: ეპი-მეოტეან, ტექსონ-ტეხიურეა ტანლაგებელი, დაყენე-მული). ამ შენამარეებში ორივე მიწარალს, ძირითადად მა მასზე მიწერილს უნდა ჰქონდეთ ურთიერეპარალელური წახნაგის ან ტიბის მიმართებება. ეპიკაქსიურ შენა-მარეებში მიწანრივე ინდივიდებისავეის აუცილებელია, რომ მათ ჰქონდეთ კრისტალურ მუსრებში ტესაფევისი დატეები ოტეოტე ორთეა შემთავებელიბის, ისე მათი ტანლაგე-ბის (მსტევისი რიგების არსებობის) ზნრივე. ამ მოტევენის საოტესტეოტე კარტე

მაგალითად მონოკლინური ქარსის - მუსკოვიტის ($KAl_2[Al_2Si_2O_8](OH)_2$) კრისტალის მუსამე პინაკოიპის წახნაგზე იოპოვანი კალიუმის (KJ) ატყარა კუმების მიწაბარებები (ნახ. V. 42). KJ -ის კუმის L_3 ღერძი მარჯობა ქარსის (001)-ის მიმართ. ეს კანონზომიერება აიხსნება იმით, რომ როგორც ქარსს (მუსკოვიტს), ისე იოპოვან კალიუმს აქვს ერთნაირი ბაგები, ატუმბული კალიუმის კათიონებთან.

უბიჭაქსია გასამეგობა არა მარტო სხვაგანსხვა შემადგენლობის მიწარაღებისათვის, არამედ ერთი და იმავე შემადგენლობის, მაგრამ სხვაგანსხვა სინტონიაში გაკრის-ტაღებული პოლიმორფული მონოფიკალინსაგვისაყ. მაგალითად, ერთმანვეავე კანონ-ზომიერად მიწარედი FeS_2 -ის რომბული (მარკაბიგის) და კუმური (პირიგის) მონოფიკალიუმების კრისტაღები.

ხშირია კვარცის და რბოკლაბის კანონზომიერი შეწაბარებები პუმეაღიფორ ძარღ-ვებში (ნახ. V. 43 ა). ამ შემეხვევაში კვარცის რიუნტაყეა ტანისაბეღრება იმით, რომ მის კრისტაღებზე რბომეღრების მეზობელი წახნაღებთან წარმოშობილი წიბო $[12\bar{1}3]$ უწა იყოს პარაღული რბოკლაბის $[001]$ წიბოსთ.



ნახ. V. 43. უბიჭაქსური შეწაბარებები. ა-რბოკლაბზე მიწარედი კვარცის; ბ-კალიუმის მიწარეის შეაჭმე მიწარედი აღბიგ; გ-ისგენის კრისტაღზე მიწარედი სტაფროლითი და დ-სტაღურიგის კრისტაღზე მიწარედი ცინკიგი

შაბაღს V. 3.

უბიჭაქსური შეწაბარებების მონიარბი ბაბაღიბი

მიწარაღი საფუმბელი		მიწარაღი მიწაბარეი	
გასახეღება და შემადგენლობა	სინტონია	გასახეღება და შემადგენლობა	სინტონია
1	2	1	2
<p>რბოკლაბი - $K[Al_2Si_2O_8]$ კალიუმის მიწარეის შეაჭი $K[Al_2Si_2O_8]$ ისგენი - $Al_2[SiO_4]O$</p>	<p>მონოკლინური -"- ტრიკლინური</p>	<p>კვარცე - SiO_2 აღბიგი - $Na[Al_2Si_2O_8]$</p>	<p>ტრიტონული ტრიკლინური</p>
<p>სტაღურიგი - ZnS მუსკოვიტი - $KAl_2[Al_2Si_2O_8](OH)_2$ მარკაბიგი - FeS_2 პუმეაღიგი - Fe_2O_3 ილივიანი - $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ ჭაფრაღერიგი - $Cu_{12}[S_8, As]_4S_{13}$</p>	<p>კუმური მონოკლინური რომბული ტრიტონული რომბული კუმური</p>	<p>სტაფროლიგი - $FeAl_4[SiO_4]_2(OH)_2$ ცინკიგი - ZnO იოპოვანი კალიუმეი - KJ პირიგი - FeS_2 რუილი - TiO_2 იღმენიგი - $FeTiO_3$ ქაღკოპირიგი - $CuFeS_2$</p>	<p>რომბული პუმეაგონური კუმური კუმური ჭაფრაგონური ტრიტონული ჭაფრაგონური</p>

მინერალთა სამყაროში ყველაზე გავრცელებული ეპიჰაესიური მენბარები ნიკელ-ნილია ჭამულა V.3-ში. აქ მოყვანილი პირველი ოხხი მაგალითი მოყვანილია წახ. V.43-ზე. ეპიჰაესის რიგი მნიშვნელობა აქვს მინერალთა წარმოშობის სასაძებრად.

§ 4. სიმბარის სახევის გადამყვანება მინერალთა სახეობაში

მინერალთა კრისტალების ფორმებისა და მათი სტრუქტურის შესწავლის შედეგად გამოვიჩინეთ მნიშვნელოვანი მასალა, რომელიც მინერალთა განაწილების საშუალებას იძლევა სიმბარის კლასების მიხედვით. ამ მიმართულებით საინჟინერო ხ. მურზიანის, ა. პოპარენიხის, ი. შაფრანოვსკის და სხვათა შრომები. მინერალთა განაწილება სინკონიებისა და სივრცობრივი გეგმების მიხედვით კრისტალოგრაფიული მინერალოგიის ურთიერთ მნიშვნელოვანი პრობლემაა. მინერალთა რიგები, რომელთაგანაც უკვე მუსტად არის დაგეგნილი კრისტალოგიური სტრუქტურები, ილიისათვის 1300 აღმავლად, ჭამულა V.4-ში მოყვანილია მათი რაოდენობრივი განაწილება სინკონიებისა და სიმბარის სახეების მიხედვით, შემუშავებული ი. ი. შაფრანოვსკის მიერ. ჭამული-დან კარგად ჩანს, რომ მინერალთა უმრავლესობა კრისტალოგრაფიულ სრულანბანთაგან სიმბარის კლასებში (სვეფი 6), ხოლო მინერალთა ყველაზე ნაკლები რიგები კრისტალოგრაფიული სინკონიების მიხედვით კლასებში (სვეფი 2).

ტაბულა V.4

მინერალთა რიგობრივი განაწილება სინკონიებისა და სიმბარის სახეების მიხედვით (ი. ი. შაფრანოვსკის მიხედვით)

სიმბარის სახეები სინკონიები	პირმოთივი	მინერალური	პლანარული	აქსიალური	პლან-აქსიალური	ინვერსიული-პირმოთივი	ინვერსიული-პლანარული	მინერალთა ჯამი	პროცენტი
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ტრიკლინური	12	76						88	6,5
მონოკლინური			28	14	351			399	30,0
რომბული			74	32	213			279	21,0
ტრიკლინური	6	22	20	11	84			143	11,5
ტეტრაედრიული	2	23	1	13	72	3	17	131	10,0
პექსაგონური	7	26	13	8	43	-	6	103	8,0
კუბური	5	30	33	1	102			171	13,0
ს უ ც	32	177	129	79	865	3	23	1308	100
პროცენტი	2,5	13,5	10	6	66	-	2	100	

სინტონიუმს შორის ყველაზე მეტი რიცხვი მიწერალებშია აქვს ბინოკლი-
ნურ სინტონიას-30 %, ლუმიკა პასაშეუბნია, რომ ნაწილი ამ მიწერალებშია ეკუთვნის
ტრიკლინურ სინტონიას. კაფეტორიუმის მიხედვით კომ ტაქსონომიით მიწერალებში, მი-
ვიღებთ შემდეგ სურათს:

პაბალი კაფეტორია	-	760	მიწერალები	-	57,5	%
სამუხალი	-"-	377	-"-	-	29,5	%
მარალი	-"-	171	-"-	-	13,0	%

რამტან ბუნებაში რთული უნიკური შემადგენლობის მიწერალები მეფია, ვიძნე
მარტვი, ამიტომ მოყვანილი რიცხვით განმარტვებშია აქსტურებში ლოკოლოვისა
ტრიკლის ემიპირიულ კანონს, რომელიც აღნიშნავს, რომ მ ა რ ტ ვ ი ე რ ი მ ი უ -
რ ი ა მ ა ზ ი კ რ ი ს ტ ა ლ ე ბ ი ს მ ა რ ა ლ ი ს ი მ ი ე რ ი ს ტ რ ი უ ლ ი -
ბ ა . მოყვანილი ტაბულა ტრიკტელებს იმასაც, რომ ბუნებაში მუირია იმ მიწერა-
ლა რაოდენობა, რომლებიც მარტუნა და მარტუნა ენანტომორფული ფორმებს იძლევიან.
ასევე ფორმების წარმოშობა, როგორც ვიცი, პასაშეუბნია მხოლოდ მარტვი და
აქსიკალირი სიმეტრიის მქონე კრისტალებშისავე (2 და 3 სტეტი), რომელიც რაოდენ-
ობა შეესაბამება მიწერალებში მხოლოდ 8,5 % შეადგენს. ამავდროულად ტაბულა-
ბული მიწერალები კვარცი. პასასრულს აქსანტიშავია, რომ მიწერალოტიური კრისტალო-
წარმოების ურთ-ურთ მნიშვნელოვან ამოყვანას წარმოადგენს მიწერალების სიმეტრიასა და
მის წარმოშობის უირობებს შორის კანონმომიერების დადგენა.

ՎՅՄԵՆԱԿԱՆ ԳՐԱԴԱՐԱՆ

1. О.М.Аншелес. Начало кристаллографии. Л., изд. ЛГУ, 1952.
2. Н.В.Белов. О курсе геометрической кристаллографии для физиков. "Кристаллография", т. 2, №5, 1957.
3. Г.Б.Бойкин. Число ф физически различных простых форм кристаллов. Тр. лаб. кристаллографии АН СССР, № 2, 1940.
4. Д.П.Тригорьев. Онтогенез минералов. Львов, изд. Львов унив., 1961.
5. И. Костов. Кристаллография. М., изд. "Мир", 1965.
6. Е.К. Лазаренко. Состояние и задачи минералогической кристаллографии. Мин. сб. Львов. геол. об-ва в 2, №21, 1967.
7. Г.М. Локов, И.И.Шафрановский. Кристаллография. Изд. 5.М., изд. "Высшая школа", 1972.
8. Е.С.Федоров. Курс кристаллографии. Спб. 1901.
9. Е.Е.Флинт. Начало кристаллографии. Изд.2. М., изд. "Высшая школа", 1961.
10. И.И.Шафрановский. Кристаллы минералов. М. Госгеолтехиздат, 1961.
11. И.И.Шафрановский. Лекции по кристалломорфологии.М., "Высшая школа", 1968.
12. И.И.Шафрановский. Очерки по минералогической кристаллографии. Л., "Недра", 1974.
13. А.В.Шубников Симметрия и антисимметрия конечных фигур. М., изд. АН СССР, 1951.
14. А.В.Шубников, Е.Е.Флинт, Г.Б.Бойкин. Основы кристаллографии М.,Л., изд. АН СССР, 1940.
15. T.Penkala. Zakus krystalografii, Panstwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa, 1972.
16. Վ. Եղաճեղրեղով. Ըրոմեջրոյր յրոնկարողմանոն ևանըմբընաճելը, Եժոլոսո, 1922.
17. Որ. ցոջժով. Ըրոմեջրոյր յրոնկարողմանո, ՅԱՅ-ոն Եժոմեղըմընո, 1925.

ბინასტყვეობა
შესავალი

3

თავი I. ზოგადი სწორება

✓ § 1.1. კრისტალა რამბანასობებელი ზვისებები 8
 § 1.2. სივრცული მესერი 10
 § 1.3. კრისტალა ნარბიზობა და ზრის მუქანიბი 11
 ✓ § 1.4. კუბებების მუბიკობის კანონი და კრისტალა გამბივა 18

თავი II. კრისტალა სიბაზობა

✓ § II.1. სიბეგრისი ვლემენებები 22
 § II.2. ასიბეგრა და ასიბსიბეგრა 32
 § II.3. სიბეგრისი ვლემენების ვრთბილობა 34
 ✓ § II.4. მარტივი გრებები და კომბინაციები 35

თავი III. კრისტალა ნაწადაბის ინფაქციბი და მბბიციბი

§ III.1. პარამბეგრების რაკიონაღური მუჭარებების კანონი 41
 ✓ § III.2. ნაწაბის პარამბეგრები და ინფექციბი 45
 ✓ § III.3. კრისტალა გვბიციბი 48
 § III.4. ნაწაბა ბრები 59

თავი IV. სიბაზობის კლასიბი და სინგონიბი

§ IV.1. სიბეგრისი ვლემენება მუკრება 61
 § IV.2. კრისტალა სიბეგრისი კლასები 67
 ✓ § IV.3. სინგონიბი და კატეგორიბი 76
 § IV.4. სიბეგრისი კლასების აღნიშნები 79
 § IV.5. კრისტალა ირიენგაყია ღერძების მიმარბი და მარტივი გრებების გამიყვანა 83
 პაბალი კატეგორიის სინგონიბი 83
 სამუალი კატეგორიის სინგონიბი 100
 მაღალი კატეგორიის სინგონიბი 126
 § IV.6. ნიბის ინფექსი და მისი პაბიკობებულება ნაწაბის ინფექსიბი 139
 § IV.7. ბინაბა კანონი 143

თავი V. ბინაკალიბობი კრისტალიბრაციის საზადაციბი

§ V.1. ბიკარი კნობები 146
 § V.2. რაკიური კრისტალები და მბი ბორგოტივივი საბესბვაობები 147
 ✓ § V.3. კრისტალა კანონბიბივივი ბენამარებები 154
 § V.4. სიბეგრისი საბეების გარუკლება ბინერალა საბყარბიბი გამიყვინბული ღებრაგურა 173

Г. И. ХАРАШВИЛИ

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Часть I

(Лекции по геометрической кристаллографии)

(На грузинском языке)

Грузинский политехнический институт им. В.И.Ленина

Тбилиси- 1975

რედაქციის რედაქტორებზე

მეც. რედაქტორი ა. ავალიანი

რედაქტორი მ. ძიძიგური

გადაეცა წარმოებას 15/XII-1975. ხელმოწერილია დასაბუჯმარ 10/XII-1975.
ნაბეჭდი საბაზი 1143 ჩასაკრავი, სააპრობებუ-საგანბეჭდელი საბაზი 10.
ქაღაღის ზონა 70X108/1/16.

ფასი 1 მან.

შჯ. № 1423

30 11869

აბრავი 1000

სპი-ს სტამბა, თბილისი, ჯეზეცის ქ., 116
Типография ЦПИ, Тбилиси, ул. Ленина №69