

ი. ფარადაშვილი

კრისტალთა ოპტიკის საფუძვლები

შესავალი

ქანებისა და მინერალების პეტროგრაფიული კვლევის ერთ-ერთ ძირითად მეთოდს წარმოადგენს მათი შესწავლა პოლარიზაციული მიკროსკოპის საშუალებით. ამისთვის კი აუცილებელია, მკვლევარი კარგად იცნობდეს კრისტალთა ოპტიკის საფუძვლებს. ჩვენ ვეცადეთ, ნაშრომში წარმოგვედგინა ყველა ის საკითხი, რომელიც უშუალოდ დაკავშირებულია მიკროსკოპით კვლევასთან. ამასთანავე, როგორც თეორიული საფუძველი, ფიზიკის კურსიდან გამოვიყენეთ ოპტიკის ძირითადი საკითხები.

ნაშრომი გათვალისწინებულია გეოლოგიური ფაკულტეტის სტუდენტებისთვის. ასევე წარმატებით შეიძლება გამოიყენონ მინერალებისა და ქანების კვლევის მეთოდებში მომუშავე სპეციალისტებმა.

ტალღური თეორია

კრისტალთა ოპტიკა ეყრდნობა ფიზიკის იმ ნაწილს, რომელიც სინათლის გავრცელების მოვლენებს სწავლობს. უწინ სინათლის ტალღური გავრცელების მიზეზად თვლიდნენ ჰიპოთეზურ ეთერს, რომელიც ამ წარმოდგენის მიხედვით ავსებს სამყაროს მთელ სივრცეს, მათ შორის, ყველა ნივთიერების უმცირეს ნაწილაკებს შორის არსებულ სივრცესაც. სხვადასხვა გარემოში სინათლის გავრცელების სიჩქარე დამოკიდებულია ეთერის მიერ დაკავებული სივრცის თვისებებზე. ფიზიკურად უფრო მკვრივ სხეულებში ეს სიჩქარე ყოველთვის ნაკლებია, ვიდრე ნაკლებად მკვრივ სხეულებში, ხოლო ამ უკანასკნელში ნაკლებია, ვიდრე უჰაერო სივრცეში.

თანამედროვე გაგებით სინათლე წარმოადგენს განსაზღვრული სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღების რხევის შედეგს.

სინათლის რხევით მოძრაობაში არჩევენ რხევის მიმართულებას და რხევის გავრცელების მიმართულებას ე.ი. სინათლის გავრცელებას. ამ უკანასკნელს სინათლის სხივი ეწოდება.

სინათლის ტალღის ზედაპირი

თუ დროის გარკვეულ მონაკვეთში სხივებზე მხებ ზედაპირს ავაგებთ, განათებული წერტილის გარშემო მივიღებთ ერთგვარ ამობურცულ ზედაპირს, რომელსაც სინათლის ტალღის ზედაპირი ეწოდება. აქ უნდა გავარჩიოთ შემდეგი:

ა) უჰაერო სივრცეში და ოპტიკურად იზოტროპულ (აირად და თხევად, მაგარ ამორფულ და კუბური სინგონიის კრისტალების) ნივთიერებებში სინათლე ყველა მიმართულებით ერთნაერი სიჩქარით ვრცელდება.

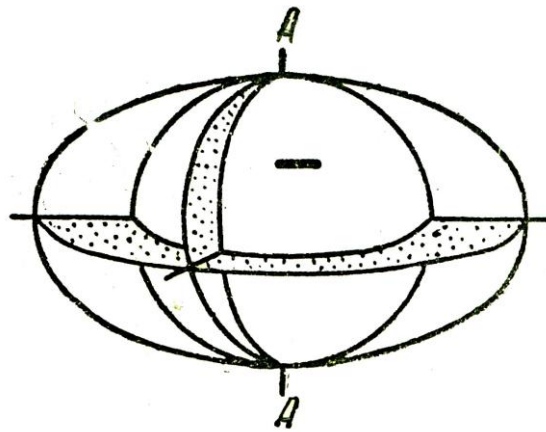
აქედან გამომდინარე სინათლის ტალღის ზედაპირი იზოტროპული სხეულებისთვის იქნება სფეროს ფორმის.

ბ) ბრტყელი ტალღა. მნათი წერტილის ორმხრივ ამოხეკილი ლინზის ფოკუსში მოთავსებით მივიღებთ პარალელურ სხივებს, რომელთა მართობულად ბრტყელი ტალღის ზედაპირი გვექნება. ასევე, უსასრულოდ დიდი რადიუსის მქონე სფერული ტალღის ზედაპირი შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც ბრტყელი ტალღის ზედაპირი.

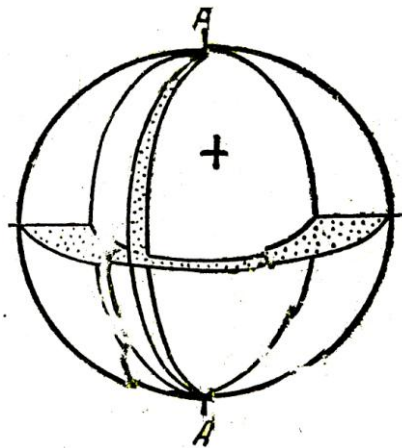
გ) რთული ტალღური ზედაპირი. დაბოლოს, ანიზოტროპულ (უმთავრესად კრისტალურ) სხეულებში, სადაც თვისებები დამოკიდებულია მიმართულებაზე, სინათლე უნდა გავრცელდეს ცვალებადი სიჩქარით და ტალღის ზედაპირი არ შეიძლება იყოს სფერო. ანიზოტროპული ნივთიერებებისთვის ტალღის ზედაპირი წარმოგვიდგება რთული ორმაგი ტალღის ზედაპირით.

არჩევენ ერთობტიკურღერძიან და ორობტიკურღერძიან კრისტალურ ნივთიერებებს. უარყოფითი ერთღერძიანი კრისტალებისთვის ტალღის ზედაპირი წარმოადგენს სფეროს, ჩაწერილს ბრუნვით ელიფსოიდში (ნახ. 1ა) და პირიქით დადებითი ერთღერძიან კრისტალებისთვის იქნება ბრუნვის ელიფსოიდი ჩამჯდარი სფეროში (ნახ. 1ბ), ბრუნვის ღერძს წარმოადგენს AA მიმართულება. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს სიმეტრიის ორმაგ ღერძს რთული ფიგურებისთვის (ელიფსისა და წრეხაზისთვის) და ამრიგად, უსასრულოდ დიდი რაოდენობა ორმაგი ზედაპირებისთვის (სივრცული ფიგურების) და ეწოდება ერთღერძიანი კრისტალების ოპტიკური ღერძი. ამრიგად, შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა, რომ სინათლის გავრცელებისას ერთღერძიან კრისტალებში მივიღებთ ორ ტალღას – ერთი სფერული, მეორე – ელიფსოიდური, რომლებიც ერთმანეთს ეხებიან ორ ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ ბრუნვის AA ღერძზე განლაგებულ წერტილებში.

სფერული ტალღის ზედაპირთან დაკავშირებულ სხივს და ტალღას ეწოდება ჩვეულებრივი სხივი და ტალღა, ელიფსოიდური ტალღის ზედაპირთან დაკავშირებულ სხივს და ტალღას კი არაჩვეულებრივი სხივი და ტალღა.



ნახ.1ა

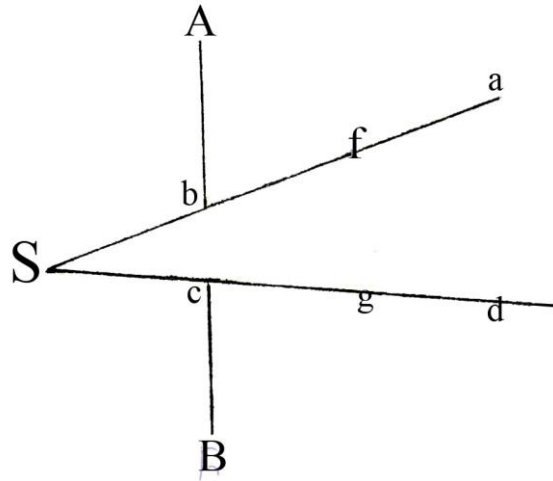


ნახ.1ბ

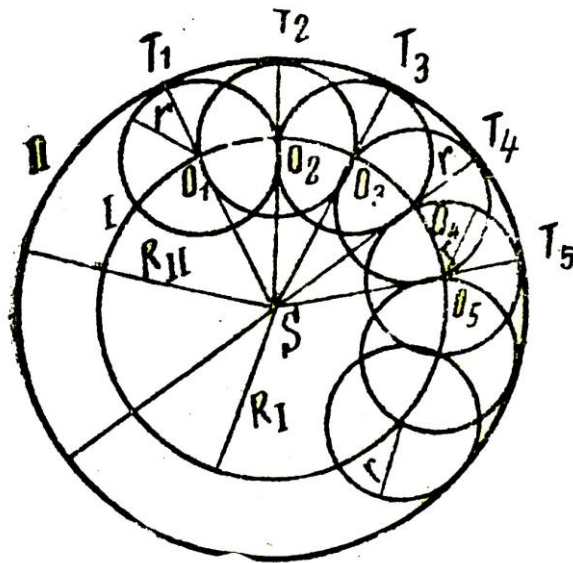
დიფრაქცია. სინათლის სხივსა და ტალღის ზედაპირზე წარმოდგენას, როგორც ზემოთ იყო ჩამოყალიბებული, ასე რომ ვთქვათ, არა აქვს ფიზიკური არსი, არამედ წარმოადგენს მხოლოდ გეომეტრიულ გამოსახვას სხვადასხვა მოვლენების ასახსნელად. ასე, მაგალითად, თუ სინათლის სხივს წარმოვიდგენთ, როგორც გეომეტრიულ წრფეს, მაშინ ჩვენთვის გაუგებარი იქნება დიფრაქციის მოვლენა ანუ სხივების გაღუნვა: S წერტილიდან გამომავალი სხივები (ნახ. 2), რომლებსაც თავის გზაზე დახვდებოდა ეკრანი AB ძალიან პატარა ხვრელით bc , ეკრანს იქით ანათებენ არა მარტო კონუსურ $abcd$ გარემოს, არამედ განათება შეიძლება ამ წაკვეთილი კონუსის ab ხაზის ზემოთაც და cd ხაზის ქვემოთაც და აგრეთვე, ეკრანის ნაპირებზეც. სინათლის სხივები თითქოს იღუნებიან, განიცდიან დიფრაქციას, იხრებიან ეკრანის მხარეს. (მიკროსკოპში დიფრაქციის მოვლენის დაკვირვება შეიძლება ოკულარში დაჭიმული ძაფების სიახლოვეს). ამ მოვლენაზე დაყდრნობით შეიძლება გამოითქვას აზრი, რომ ბუნებაში არ არსებობს ის, რასაც გეომეტრიაში უწოდებენ წერტილს.

ჰიუგენსის პრინციპი. სინათლის ყოველმხრივ და სწორხაზობრივად გავრცელებას შორის ურთიერთდამოკიდებულების ახსნა პირველად მოგვცა ჰიუგენსმა, ხოლო შემდეგში ფრენელმა იგი ლოგიკურ დაბოლოებამდე მიიყვანა.

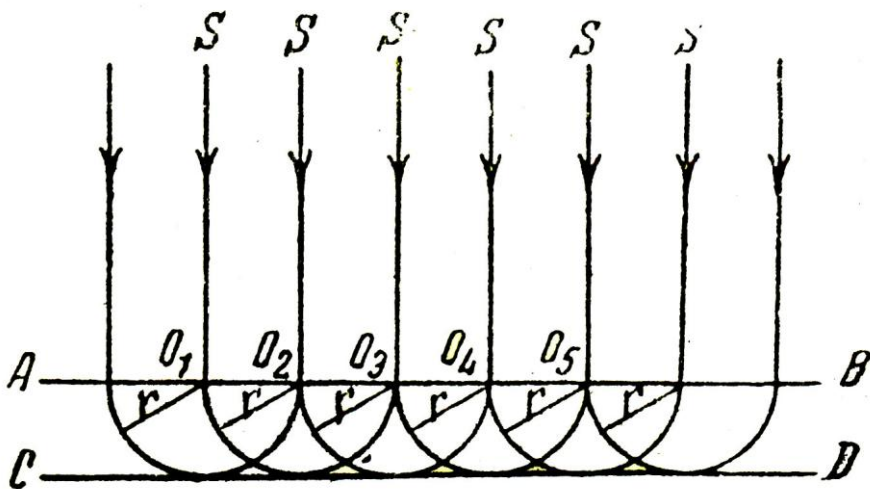
ა. სფერული ტალღისთვის. ვთქვათ იზოტროპულ გარემოში S წერტილიდან ვრცელდებიან სინათლის რხევები, მაშინ დროის გარკვეულ მონაკვეთში ისინი მიაღწევენ, დაუშვათ, სფერო I -ის ზედაპირამდე, რომლის რადიუსია R_1 . ამ ზედაპირის ყოველი წერტილი, მაგალითად, O_1, O_2 , და ა.შ. შეგვიძლია მივიღოთ ტალღების გავრცელების ახალ დამოუკიდებელ ცენტრებად და შედეგად გარკვეული დროის შემდეგ ყოველი ამ წერტილის ირგვლივ უნდა წარმოიქმნან პატარა ელემენტარული ზედაპირები ანუ ელემენტარული სფერული ტალღები r რადიუსით. ელემენტარული ტალღების ზედაპირებზე აგებული მხები ზედაპირი იქნება იმ ტალღის ზედაპირი (II), რომლის რადიუსიც იქნება $R_{II} = R_1 + r$. ფრენელის თანახმად, ყველა რხევები უკან დაბრუნებული S წერტილისკენ O_1, O_2 და ა.შ. ცენტრებიდან, აგრეთვე, ყველა რხევები, რომლებიც ხდება I და II ზედაპირებს შორის ერთმანეთს სპობენ (ხდება ინტერფერენცია) და სინათლის სხივები გვექნება ST_1, ST_2 და ა.შ. სწორი ხაზები, რომლებიც აერთებენ ცენტრს და T_1, T_2 და ა.შ. წერტილებს, რომლებშიც მხები ზედაპირი II ეხება ელემენტარულ სფეროებს r რადიუსით. (ნახ.3).



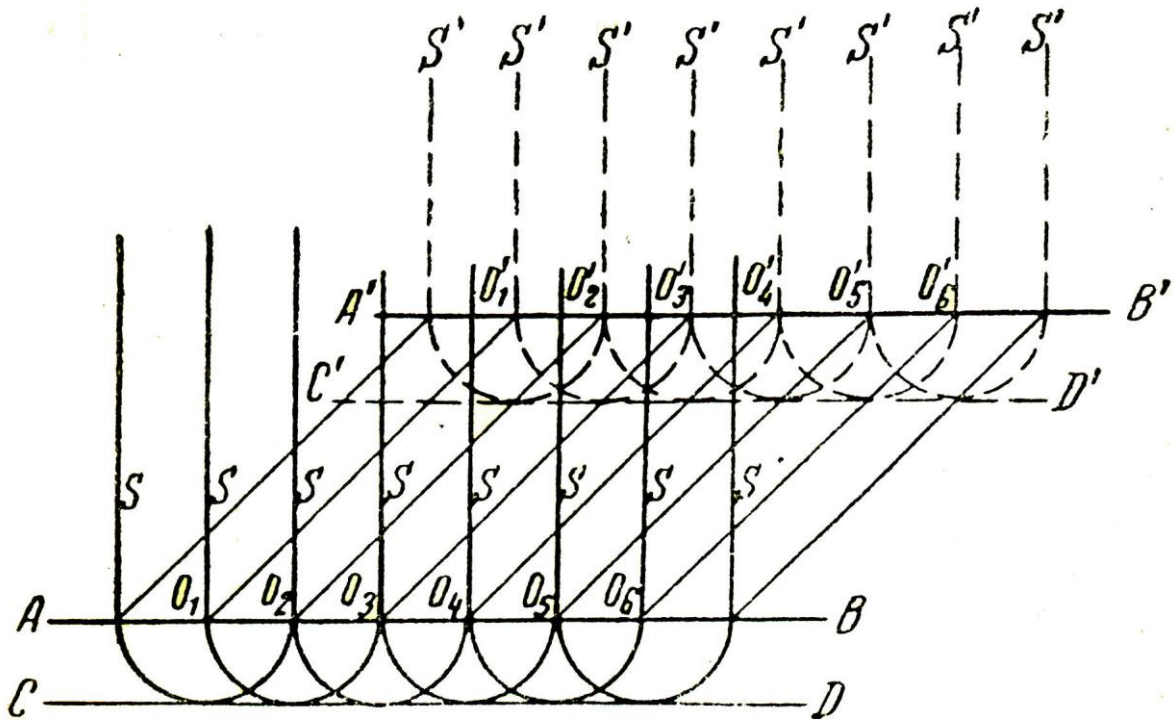
6sb. 2



6sb.3



6sb.4



ნახ.5

უკვე აღნიშნული ტალღების ურთიერთჩაქრობის მოვლენა, დაკავშირებული მათ ინტერფერენციასთან, გასაგებს ხდის იმ მოვლენას, რომ თვალი, რომელიც სინათლის ტალღისკენ არის მიმართული, მაგალითად, T_2 წერტილში SO_2 სხივის გასწვრივ შთაბეჭდილებას იღებს მხოლოდ S წერტილიდან და არა ტალღა I-ის მთელი ზედაპირიდან ე.ი. ვხედავთ მხოლოდ სხივს და არა განათებულ გარემოს. ტალღის სიგრძე რომ ყოფილიყო უფრო დიდი (მაგალითად 1მმ და მეტი), ჩვენ ვერ ვიმსჯელებდით სინათლის სხივზე როგორც სწორ ხაზზე. მაგალითად, თუ წყალში ვრცელდება ტალღები, ჩვენ ჩვენს სხეულზე მას ვგრძნობთ არა როგორც ნემსის ნაჩხვლეტს, არამედ როგორც გარკვეულ ზემოქმედებას ჩვენი სხეულის ზედაპირზე და ეს ხდება იმიტომ, რომ წყლის ტალღები უზომოდ დიდია სინათლისაზე. აქ ტალღისა და სხივის ცნება შეუთავსებელია. როგორც ჩანს სინათლის სხივსაც უნდა ჰქონდეს განივი განზომილება და არა მხოლოდ ერთი, როგორც გემოტრიულ სწორ ხაზს. ამრიგად, თვალზე მოქმედებს არა I ტალღის წერტილი O_2 , არამედ ამ წერტილთან (თითქმის წერტილივით) არსებული პატარა ასიმეტრიული მოედანი, დამოკიდებული სინათლის ტალღის სიგრძეზე. სხივი არ არის გეომეტრიულად სწორი წრფე, არამედ წრფეთა კონაა და თვალი ღებულობს შთაბეჭდილებას კონიდან (თითქმის პარალელურიდან) და არა ერთი სხივიდან, რომელიც წრფის სახით არის წარმოდგენილი.

ბ. ბრტყელი ტალღისთვის. თუ ტალღური ზედაპირი წარმოადგენს სიბრტყე AB რომელიც ნახაზის პერპენდიკულარულია. (ნახ.4), ტალღა იქნება ბრტყელი. იმისთვის რომ ავაგოთ ტალღა რომელიც წარმოიქმნება ბრტყელი AB ტალღის მოძრაობის დროს, ამ სიბრტყის ყოველი წერტილი ჰიუგენსის მიხედვით, უნდა მივიღოთ რხევის ცენტრებიდან $O_1, O_2, O_3 \dots$ და ავაგოთ ელემენტარული ნახევარსფეროები r რადიუსით სინათლის გავრცელების მიმართულებით. (ზემოთ აღნიშნული იყო რომ უკან მიმავალი რხევები ერთმანეთს აქრობენ, აქედან გამომდინარე AB ხაზის ზემოთ ნახევარსფეროები ჩვენ არ გვჭირდება). მხედველობაში უნდა მივიღოთ რომ AB ხაზი სინამდვილეში არის სიბრტყე და ჩვენ არა ერთი რიგი გვაქვს სფეროების, არამედ მათი ასე ვთქვათ, ზოლები $O_1O_1^1O_2O_2^1$ და ა.შ. მიმართულებებით (ნახ.5). თუ გავატარებთ ABA^1B^1 სიბრტყის პარალელურ სიბრტყეს CDC^1D^1 -ს r რადიუსის მანძილზე, მივიღებთ საერთო მხეზე ზედაპირს ე.ი. ახალ ტალღის ზედაპირს, რომელიც ნახაზის ჭრილში წარმოდგენილ იქნება CD ხაზით. იგი პარალელური იქნება AB ხაზის და დაშორებული მისგან r მანძილით.

ჰიუგენსის პრინციპის მნიშვნელობა და ფრენელის წარმოდგენები. სინათლის რხევების ასეთი გაგება: ა) კარგად ხსნის დიფრაქციის მოვლენას და ხელს არ უშლის წარმოდგენას სხივთა სწორხაზობრიობაზე (ახსნილია ნახ. 2); ბ) საშუალებას იძლევა თავისუფლად ვიხმაროთ ცნება სინათლის ტალღის ზედაპირი, რომელიც შეიძლება დავშალოთ უსასრულოდ მცირე ელემენტებად; გ) მიგვითითებს ტალღების პარალელურ გადაადგილებაზე (ნახ. 3 – ზედაპირები I და II, ნახ. 4 – ზედაპირები AB და CD ერთმანეთის პარალელური არიან); დ) მიგვითითებს რომ სინათლის სხივები მართობია სფერული ტალღის ზედაპირის (სფეროების ცენტრების შეერთებისას შეხების წერტილთან, სხივები ზედაპირის მართობია) და ე) ყველაზე მთავარი – აუცილებლად გამომდინარეობს აქედან ცნებები სინათლის ტალღებისა და სხივების გარდატეხისა და არეკვლის შესახებ სინათლის გადასვლის დროს ერთი გარემოდან მეორეში, სუფერითა იზოტროპულია ეს გარემო თუ ანიზოტროპული.

სინათლის გარდატეხა. ერთი სიმკვრივის არიდან სხვა სიმკვრივის არეში გადასვლისას ხდება სინათლის გარდატეხა. თუ ორივე არე იზოტროპულია ერთი თვისების სხივებიდან და ტალღებიდან ვლესულობით იმავე თვისების სხივებს და ტალღებს. ანიზოტროპულ არეში გარდატეხისას კი ერთი თვისების სხივებიდან და ტალღებიდან წარმოიქმნება ორგვარი თვისების სხივები და ტალღები. აქ ორმაგი გარდატეხა ხდება.

ჯერ განვიხილოთ გარდატეხის მოვლენები **იზოტროპულ არეში.**

ვთქვათ, გვაქვს ორი იზოტროპული არე, რომელთა გამყოფი ზედაპირის გვემილი ნახაზის სიბრტყეზე არის MM . დაუშვათ, რომ გამყოფი ზედაპირის მიმართ რომელიმე ნებისმიერი კუთხით ეცემა ბრტყელი ტალღა AB (ნახ.6) ამ ტალღიდან წამოსული სხივები იქნება

AC, BD დროის გარკვეულ მონაკვეთში ბრტყელი ტალღა AB თავის თავის სწვრივად გადაადგილდება და CD მდებარეობას მიიღებს.

შემდეგი დროის მონაკვეთში AC სხივი ივლის უკვე მეორე არეში. ხოლო BD სხივი ჯერ ისევ პირველ არეში. შუალედ მონაკვეთში სხივები გადაადგილდებიან ჯერ პირველ, ხოლო შემდეგ მეორე არეში.

თუ პირველი არის სიმკვრივე მეორეზე ნაკლებია, მაშინ სინათლის სიჩქარე პირველ არეში იქნება მეტი, ვიდრე მეორეში ე.ი. $V_1 > V_2$ და შესაბამისად $CH < DG$.

იმისთვის, რომ გარდატეხილი სხივი ავგოთ, ჰიუგენსის პრინციპის თანახმად, საჭიროა C წერტილიდან ავგოთ ელემენტარული ტალღის ზედაპირი, შემდეგ ამ ზედაპირზე (წრეხაზზე) და კიდევ უფრო პატარა რადიუსის მქონე წრეხაზებზე გავატაროთ მხები. G წერტილში ელემენტარული ტალღის ზედაპირი ამ წერტილს ემთხვევა. C და D და E და J წერტილების შეერთებით მივიღებთ CH და EJ გარდატეხილ სხივებს.

შემდეგი დროის მონაკვეთში გარდატეხილი ტალღა HJG, მთლიანად მეორე არეში თავის თავის სწვრივად გადაადგილდება და დაიკავებს KL მდებარეობას.

ახლა, C წერტილში გამყოფი ზედაპირის მიმართ ავგოთ მართობი ხაზი pp. იგი დაცემულ და გარდატეხილ სხივებთან შექმნის დაცემის α და გარდატეხის β კუთხეებს, რომლებიც DCG და CGH კუთხეების ტოლია, როგორც ურთიერთმართობი გვერდებისგან შემდგარი კუთხეები. CDG და CHG მართკუთხა სამკუთხედებს აქვთ საერთო ჰიპოტენუზა, რის გამოც ისინი მსგავსნი არიან და თუ სიჩქარეებს პირველ და მეორე გარემოში შესაბამისად ავნიშნავთ V_1 და V_2 -თი შეგვიძლია დავწეროთ
$$\frac{DG}{CH} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2}.$$

ე.ი. დაცემის კუთხის სინუსის შეფარდება გარდატეხის კუთხის სინუსთან უდრის სათანადო არეებში სინათლის სიჩქარეების შეფარდებას და ორი იზოტროპული გარემოსთვის წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს. ეს იძლევა, სწორედ მეორე გარემოს გარდატეხის კოეფიციენტს პირველთან შეფარდებით ე.ი. შეფარდებით გარდატეხის კოეფიციენტს ანუ მაჩვენებელს ამ კანონს სინუსების კანონი, ან დეკარტე-სნელიუსის კანონი ეწოდება.

აბსოლუტური გარდატეხის მაჩვენებლის მისაღებად სინათლის სიჩქარეს უჰაერო სივრცეში უტოლებენ 1-ს.

სინათლის სიჩქარე ჰაერში მცირედ განსხვავდება სინათლის სიჩქარისაგან უჰაერო სივრცეში. ჰაერის აბსოლუტური გარდატეხის კოეფიციენტი 0° ტემპერატურის და 760 მმ წნევის პირობებში ყვითელი ფერისათვის უდრის 1.000292 აქედან გამომდინარე, სინათლის სიჩქარე ჰაერში, აგრეთვე, 1-ის ტოლია. ამის საფუძველზე შეგვიძლია დავწეროთ.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{V} = N$$

ე.ი. მოცემული გარემოს გარდატეხის კოეფიციენტი არის შეფარდება სინათლის ტალღების გავრცელების სიჩქარისა ჰაერში გავრცელების სიჩქარესთან მოცემულ გარემოში, ან სხვანაირად: გარდატეხის კოეფიციენტი არის მოცემულ გარემოში სინათლის გავრცელების სიჩქარის შებრუნებული სიდიდე, თუ სინათლის გავრცელების სიჩქარეს ჰაერში მივიღებთ 1-ის ტოლად. ქანმაშენი მინერალებისათვის განსხვავება აბსოლუტურ გარდატეხის კოეფიციენტსა და გარდატეხის კოეფიციენტს შორის ჰაერთან შეფარდებით აღწევს მხოლოდ 0.0005 ე.ი. სიდიდეს რომელიც არ თამაშობს არავითარ როლს მინერალების განსაზღვრის დროს. დასაწყისში ითქვა, რომ რაც უფრო მკვრივია გარემო მით უფრო ნელა ვრცელდება მასში სინათლე. აქედან გამომდინარე, გარდატეხის მაჩვენებელი მყარი და თხევადი ნივთიერებებისთვის თითქმის ყოველთვის >1 -ზე. ნახ. 6-დან ჩანს, რომ $DG > CH$, ხოლო კუთხე $\alpha >$ კუთხე β ე.ი. $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} > 1$.

მაშასადამე, გარდატეხის მაჩვენებელი n (თითქმის ყოველთვის აღინიშნება ამ ასოთი, იშვიათად დიდი N -ით), როგორც შეფარდება არის განყენებული სიდიდე და მყარი და თხევადი სხეულებისთვის ყოველთვის ერთზე მეტია (გამონაკლისს წარმოადგენს ზოგიერთი მეტალი).

ზემოთ აღწერილი მოვლენიდან მნიშვნელოვანი დასკვნა გამომდინარეობს.

როდესაც სხივი ნაკლები სიმკვრივის გარემოდან მეტად მკვრივ გარემოში გადასვლისას გარდატეხდება, იგი გარდატეხის წერტილში აგებულ მართობს უახლოვდება და პირიქით, როდესაც იგი მეტი სიმკვრივის გარემოდან ნაკლები სიმკვრივის გარემოში გადადის, ამ მართობს შორდება. ამ დროს არსებობს ზღვარი, როდესაც სხივს სრულიად არ შეუძლია მეტად მკვრივი გარემოდან გადავიდეს ნაკლებად მკვრივში და იგი მთლიანად აირეკლება მისგან. ამ მოვლენას სრული შინაგანი არეკვლა ეწოდება, ხოლო კუთხეს სრული შინაგანი არეკვლის ზღვრული კუთხე.

გარდატეხა ანიზოტროპულ არეში. ანიზოტროპულ სხეულებში ყველა თვისება, მათ შორის ოპტიკურიც, დამოკიდებულია მიმართულებაზე. ამიტომ, თუ ჩვენ გვინდა ავსნათ გარდატეხის მოვლენები ანიზოტროპულ გარემოში, მაგალითად ერთლერძიან კრისტალში, აუცილებელია ვიცოდეთ არა მარტო ტიპი და ფორმა ერთლერძიანი ელიფსოიდისა, არამედ ისიც, თუ როგორ არის განლაგებული ეს ელიფსოიდი სინათლის გავრცელების მიმართულებასთან აღებულ გარემოში. ავიღოთ ისევ ბრტყელი ტალღა BC და გავარჩიოთ ერთლერძიანი ელიფსოიდის ან მისი AA^1 ოპტიკური ღერძის და სინათლის გავრცელების მიმართულების ურთიერთგანლაგების სხვადასხვა შემთხვევა.

გარდატეხა, როდესაც ოპტიკური ღერძი მდებარეობს დაცემის სიბრტყეში. ვთქვათ, MM სიბრტყე ორი გარემოს გამყოფი სიბრტყეა (ნახ.7) იზოტროპული I-ის და კრისტალურად ერთლერძიანი II-ის და რომელზეც ეცემა ბრტყელი ტალღა BC და ამავე დროს ოპტიკური ღერძი AA^1 დევს დაცემის სიბრტყეში, რომელიც ემთხვევა ნახაზის სიბრტყეს. BD და CF სხივები. აგრეთვე სფეროებისა და ელიფსოიდების ცენტრები D, O; O და F და ოპტიკური ღერძები AA^1 და A_1A_1 მდებარეობენ ნახაზის სიბრტყეში. წინა შემთხვევაში მსჯელობის ანალოგიურად მოვნახავთ გარდატეხილ ტალღას FG და გარდატეხილ სხივ DG. იგივე მსჯელობას გამოვიყენებთ ტალღის იმ ნაწილისთვის რომელიც ელიფსური ზედაპირით არის გამოსახული: სანამ CF სხივი I გარემოში გაივლის EF მანძილს სხივები D წერტილიდან მიაღწევენ ერთლერძიან კრისტალში AHA^1 ელიფსამდე. ასე F წერტილამდე დანარჩენი სხივები. თუ ავაგებთ მხებს FH, რომელიც, გაივლის ყველა შუალედ ელიფსებზე. ჰიუგენსის პრინციპის თანახმად მხები სიბრტყე FH იქნება იმ ტალღის სიბრტყე რომელშიც ახალი მდგომარეობა დიკავა გარდატეხის შემდეგ. DH და მისი მსგავსი ხაზები იქნებიან გარდატეხილი სინათლის სხივები, ორივე ტალღა შემდგომში გადაადგილდება თავის თავის პარალელურად.

ჩვეულებრივი ტალღა და ჩვეულებრივი სხივი. ცხადია, რომ როგორც არ უნდა ვატრიალოთ გამოსახულება $DAHA^1$ (წრეხაზი და ელფსი) თავისი ცენტრის გარშემო, მხები FG წრეხაზისადმი დარჩება ყოველთვის ერთი და იგივე, თუ I, II არეები და BC ტალღის მიმართულება (ანუ BD, CF სხივები) არ შეიცვლება. სხვანაირად რომ ვთქვათ, გარდატეხილი FG ტალღის მდგომარეობა რომელიც მიეკუთვნება სფეროს და მისი შესაბამისი გარდატეხილი DG სხივის მდგომარეობა არ იცვლება. ეს ტალღა და ეს სხივი იქცევიან ისევე როგორც იზოტროპულ ნივთიერებებში და ექვემდებარებიან იმ კანონზომიერებებს რომლებიც ადრე ჩამოვაყალიბეთ ასეთი სხეულებისთვის. ამიტომ ტალღა და სხივი, რომლებიც მიეკუთვნებიან ტალღური ზედაპირის სფერულ ნაწილს, იწოდებიან ჩვეულებრივად.

არაჩვეულებრივი ტალღა და არაჩვეულებრივი სხივი. სულ სხვა მდგომარეობაა FH ტალღისა და DH სხივის შემთხვევაში, რომლებიც გამოყვანილია AHA^1 ელიფსისაგან. მთელი გამოსახულების $DAHA^1$ (წრეხაზის და ელიფსის) ტრიალის დროს D ცენტრის გარშემო და თუ დაცემული სხივების მიმართულებაც უცვლელია, AHA^1 ელიფსის მდგომარეობა F წერტილის მიმართ ცვალებადია, ამ წერტილიდან ჩვენ ვატარებთ მხებებს. იმ შემთხვევაშიც კი თუ ბრუნვა ხდება ისე, რომ ოპტიკური ღერძი AA^1 ყოველთვის დევს ნახაზის სიბრტყეში. აქედან გამომდინარე, ასეთი ბრუნვის დროს იცვლება FH მხების და გარდატეხილ DH სხივის

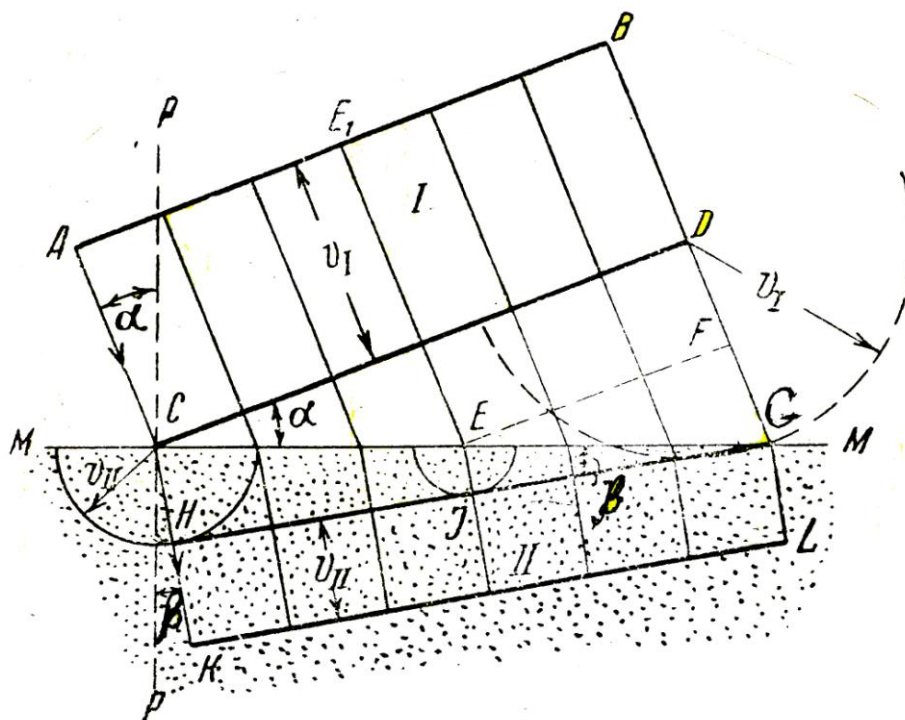
მდებარეობაც. აი, ამიტომ DH სხივსაც და FH ტალღასაც, რომლებიც მიეკუთვნებიან ტალღური ზედაპირის ელიფსოიდს, ეწოდებად არაჩვეულებრივი.

ტალღისა და ოპტიკური ღერძის ურთიერთგანლაგების კერძო შემთხვევები. თუ განვიხილავთ BC ბრტყელი ტალღისა და AA¹ ოპტიკური ღერძის ურთიერთგანლაგების განსაკუთრებულ შემთხვევებს ქვემოთ მოყვანილი ნახაზიდან (ნახ.7ა-7გ) გამოძინარეობს:

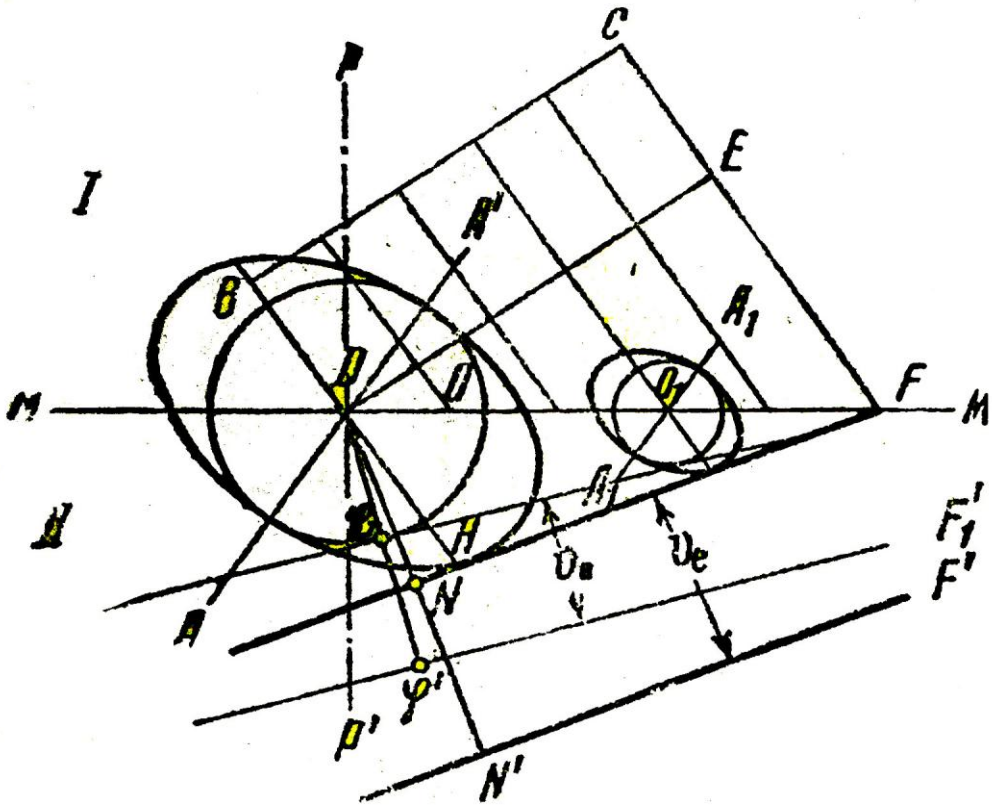
1) როდესაც გამოყოფ MM ზედაპირზე სხივები მართობულად ეცემიან და არ არიან ოპტიკური AA¹ ღერძის პარალელური, არაჩვეულებრივი სხივი გარდატყდება და გაჩნდება ორი ტალღა GF და HF, რომლებიც ვრცელდებიან ერთმანეთის პარალელურად სხვადასხვა სიჩქარით (ნახ.7ა).

2) როდესაც სხივები გამოყოფ ზედაპირზე მართობულად ეცემიან და ამავე დროს ოპტიკურ AA¹ ღერძთანაც მართობულად არიან განლაგებული (ნახ. 7ბ) არაჩვეულებრივი სხივი DH არ გარდატყდება, მაგრამ ისევ ორ ტალღას მივიღებთ GF და HF, რომლებიც სხვადასხვა სიჩქარით ვრცელდებიან.

3) როდესაც MM ზედაპირზე მართობულად დაცემული სხივები ამავე დროს AA¹ ოპტიკური ღერძის პარალელური არიან (ნახ.7გ), ჩვენ მივიღებთ მხოლოდ ერთი სახის სხივებს (ჩვეულებრივს) და მხოლოდ ერთ ჩვეულებრივ ტალღას. ე.ი. ისეთი შთაბეჭდილებაა თითქოს გვექონდეს იზოტროპული სხეული და არა ერთღერძიანი კრისტალი.



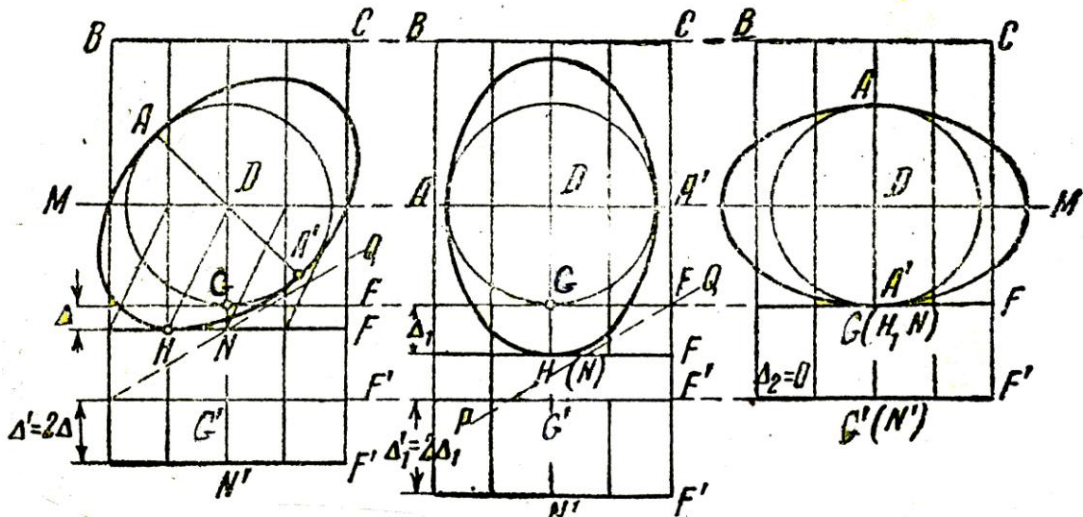
ნახ.6



ნახ.7

ზემოთ აღწერილ შემთხვევები ბევრი დასკვნის საშუალებას გვაძლევს:

ა) ერთი ტალღა ანიზოტროპულ სხეულებში. მესამე (ნახ.7გ) შემთხვევაში, როდესაც დაცემული სხივები და ტალღა ერთლერძიანი კრისტალის ოპტიკური ღერძის პარალელურია, მივიღებთ მხოლოდ ერთ ჩვეულებრივ ტალღას და კრისტალი მოიქცევა როგორც იზოტროპული ნივთიერება. ყველა დანარჩენ შემთხვევაში (ნახ.7ა. და 7ბ.) ერთი BC ტალღიდან და ერთი ხარისხის B.....C სხივებიდან მივიღებთ ყოველთვის ორ ტალღას, GF და HF და ორი ხარისხის სხივებს DG და DH. ეს მოვლენა განაპირობებს იმას, რასაც ანიზოტროპულ ნივთიერებებში ორმაგი გარდატეხა ეწოდება.



ნახ.7ა

ნახ.7ბ

ნახ.7გ

ბ) ორი ტალღის სვლათა სხვაობა. თუ განვიხილავთ ნახ.7ა-7გ ვნახავთ, რომ DG და DN მართობები გვაძლევენ GF და HF ტალღების გავრცელების სიჩქარეებს. თუ ჩავთვლით რომ ისინი MM გამყოფი ზედაპირიდან გავრცელდნენ დროის ერთ რომელიმე მონაკვეთში. ცხადია, ამ დროის მონაკვეთში ტალღა HF-არაჩვეულებრივი ერთი და იგივე ნივთიერებაში უსწრებს GF ჩვეულებრივ ტალღას, მხოლოდ სხვადასხვა შემთხვევაში სხვადასხვა სიდიდით. GN ნახ.7ა-ზე არ უდრის GN-ს ნახ.7ბ-ზე, ხოლო ნახ.7გ-ზე $GN=0$. ამ განსხვავებას მანძილში ეწოდება სვლათა სხვაობა Δ და დამოკიდებულია ერთიდაიგივე ნივთიერებაში ელიფსოიდის ღერძებისა და ტალღის მიმართულების ურთიერთ განლაგებაზე.

გ) ანიზოტროპული ნივთიერებების ორმაგი სხივტეხა. დაუშვათ, რომ გარდატეხილი ტალღები განაგრძობენ მოძრაობას და გადაადგილდებიან თავის თავის პარალელურად ანიზოტროპულ ნივთიერებაში. როდესაც მიაღწევენ G^1, F^1 და N^1, F^1 მდგომარეობას, მათ მიერ გავლილი მანძილი $DG^1 = 2DG$ და $DN^1 = 2DN$ ე.ი. სვლათა სხვაობა ორჯერ გაიზრდება აქედან ჩანს, რომ სვლათა სხვაობა დამოკიდებულია იმ დროზე, რომელშიც ტალღები ვრცელდებიან ანიზოტროპულ ნივთიერებებში. ან იმ გზის სიგრძეზე, რომელსაც ტალღები გაიბრუნენ ამ ნივთიერებაში. აქედან გამომდინარე, ორმაგი სხივტეხის მქონე ნივთიერებების დახასიათება სვლათა სხვაობით არ შეიძლება, ვინაიდან ის დამოკიდებულია, ფენის შემთხვევით სისქეზე, რის გამოც ცვალებადია, ისინი უნდა დავახასიათოთ ან სვლათა სხვაობით დროის ერთეულ მონაკვეთში, ან სვლათა სხვაობით გზის ერთეულ მონაკვეთში, რომლის გავლა მოხდება ანიზოტროპულ ნივთიერებაში. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს ნივთიერების ორმაგსხივტეხას მის მოცემულ მდგომარეობაში. ნახ.7ა და ნახ.7ბ-ს შემთხვევაში სვლათა სხვაობაც და ორმაგი სხივტეხაც ერთიდაიგივე მანძილის შემთხვევაშიც კი განსხვავებულია. ამის გამო ნივთიერების ორმაგ სხივტეხას უწოდებენ, ორმაგი სხივტეხის მაქსიმალურ შესაძლებელ სიდიდეს ამ ნივთიერებისთვის. ნახ.7ა-7გ-ზე ორმაგი სხივტეხა იქნება ნახ.7ბ-ს შესაბამისი სიდიდე, 7ა-ზე საშუალო სიდიდე, 7გ-ზე ორმაგი სხივტეხა უდრის ნოლს. 7ა-ზე კი მას შუალედი მნიშვნელობა უკავია.

სინათლის რხევითი მოძრაობა

განივი რხევები. სინათლის გავრცელების დროს რხევითი მოძრაობა შეიძლება შევადაროთ ასეთივე მოძრაობას, რომელიც ვითარდება ქვის ჩავარდნის დროს წყალში. ცნობილია, რომ ამ დროს წყლის ზედაპირზე ჩნდებიან ტალღები ე.ი. მორიგეობენ აზვირთებული და ჩაღრმავებული

ადგილები, რომელთა ღერძული სიბრტყეები a, b, \dots მართობია ტალღათა წინსვლითი მოძრაობის მიმართულებისა. როგორც ჰაერში, ასევე ეთერში რხევები, რომლებიც განაპირობებენ ტალღათა წარმოქმნას, უპირველესად ყოვლისა განივია ე.ი. რხევა ხდება ტალღის გავრცელების მიმართულების მართობულ სიბრტყეში. რაც სინათლისთვის იგივეა, რომ რხევა ხდება სინათლის გავრცელების მართობულ სიბრტყეში (ნახ.8) ამავე დროს ეს რხევები ჰარმონიულიცაა, რაც იგივეა, რომ ისინი წარმოადგენენ უბრალო პერიოდულ მოძრაობებს და სრულიად ანალოგიური არიან p წერტილის მოძრაობისა AB დიამეტრზე (ნახ.9) და რომელიც განიხილება როგორც p წერტილის პროექცია. p წერტილი მოძრაობს მუდმივი სიჩქარით $PAP'BP$ წრეხაზზე. იმ დროში, სანამ p წერტილი ისრით ნაჩვენები მიმართულებით შემოუბრუნეს მთელ წრეხაზს, მისი პროექცია p შეასრულებს ერთ მთლიან რხევას. ჯერ გადავა p წერტილიდან A -ში, შემდეგ დაბრუნდება A -დან p -ში, p -დან B -ში, და ბოლოს, დაუბრუნდება თავის საწყის მდებარეობას B -დან p -ში.

დრო T , რომლის განმავლობაშიც ხდება ერთი მთლიანი რხევა-წარმოადგენს რხევის პერიოდს. სიდიდეს $\frac{1}{T}$ ე.ი. რხევის პერიოდის შებრუნებულ სიდიდეს ეწოდება რხევის სიხშირე. ამ სიდიდეებზე, ფრენელის მიხედვით დამოკიდებულია სინათლის ფერი: იისფერ სინათლეში ნაწილაკები ნებისმიერ გარემოში ასრულებენ $754 \cdot 10^{12}$ რხევას წამში. წითელ სინათლეში - $394 \cdot 10^{12}$ რხევას წამში.

რხევადი p წერტილის (პროექციის) მაქსიმალური დაცილება საწყისი p მდგომარეობიდან A -მდე ტოლია a რადიუსისა და ეწოდება რხევის ამპლიტუდა. ეს ამპლიტუდა დამოკიდებულია ბიძგის ძალაზე ე.ი. თვით სინათლის ძალაზე ან მის ინტენსივობაზე. ეს ძალა ანუ სინათლის ინტენსივობა ამპლიტუდის კვადრატის პროპორციულია.

რხევადი C წერტილის რაიმე მდებარეობა საწყისი p წერტილის მიმართ გამოისახება pc რკალით წრეხაზზე და იზომება φ კუთხით (ნახ.9). თუ t აღვნიშნავთ დროს, რომლის განმავლობაშიც წერტილი p გადაადგილდება C_t წერტილამდე, ხოლო პერიოდს, როგორც ყოველთვის ავლნიშნავთ T , მაშინ $\varphi:360^\circ = t:T$, საიდანაც $\varphi = 360^\circ \cdot \frac{t}{T} = 2 \cdot \pi \frac{t}{T}$. კუთხე φ , რომელიც წარმოადგენს ნაწილაკის გადაადგილების კუთხეს წონასწორობის მდგომარეობიდან ეწოდება რხევითი მოძრაობის ფაზა.

ეს ფაზა, ამპლიტუდასა და პერიოდთან ერთად, გვაძლევს ყველაფერს, რაც აუცილებელია რხევითი მოძრაობის განსაზღვრისათვის: 1) რხევადი წერტილის მოძრაობის მიმართულებას (ნახ. 9-ზე ნაწილაკი უნდა მოძრაობდეს ზევით C -დან A -სკენ).

2) მოძრაობის სიჩქარე და 3) მოცემული ფაზის მომენტში რხევადი წერტილის p_c გადაადგილებას.

რხევითი მოძრაობის სიჩქარე არის ცვალებადი სიდიდე p წერტილში, ბიძგის მომენტში, სიჩქარე V არის მაქსიმალური. A და B წერტილებში $V=0$, ეს ის მომენტია, როდესაც რხევადი წერტილი თითქოს ჩერდება უკან მოძრაობის წინ. ნებისმიერ t მომენტში სიჩქარე V_c წერტილისთვის იქნება:

$$V_c = CC_1 \cdot \cos \varphi = V \cdot \cos\left(360^\circ \frac{t}{T}\right) \quad (1)$$

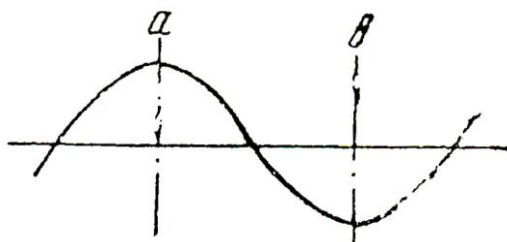
$CC_1 = V$ რადგან, როგორც მექანიკიდან ცნობილია, მოძრავი წერტილის წრეხაზის ირგვლივ გადაადგილების სიჩქარე ამ წერტილში გატარებული მხები ხაზის მონაკვეთით განისაზღვრება.

სინუსოიდი-ჰარმონიული რხევის მრუდი

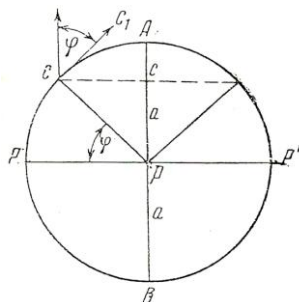
რხევადი p წერტილის C მდებარეობა ე.ი. მანძილი pC შეიძლება გამოსახულ იქნა შემდეგი განტოლებით მართკუთხა PCO სამკუთხედიდან გამომდინარე, მანძილი

$$PC = a \sin \varphi = a \sin\left(360^\circ \frac{t}{T}\right) \quad (\text{ნახ.9}) \quad (2).$$

გეომეტრიულად ეს ფორმულა წარმოადგენს სინუსოიდის განტოლებას, ამიტომ ჰარმონიულ რხევებს მეორე სახელწოდება აქვთ – სინუსოიდური რხევები.



ნახ. 8



ნახ. 9

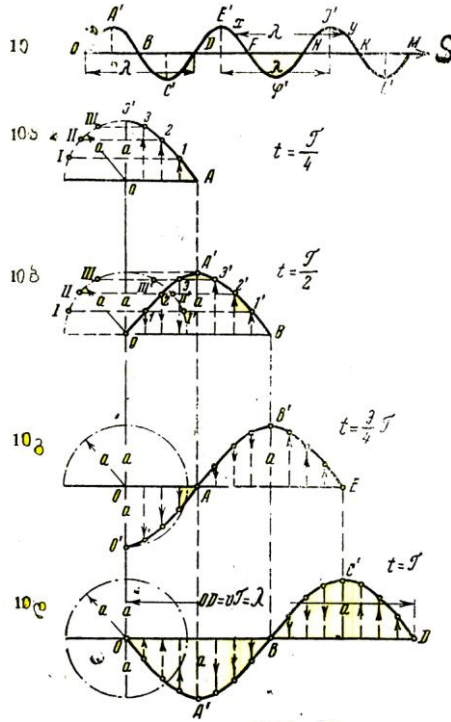
სინათლისა და განივი რხევების გავრცელება

ვთქვათ, სნათლე ვრცელდება O წერტილიდან (ნახ.10) მარჯვნივ S -ის მიმართულებით, ისე, რომ საწყის მომენტში $t_0 = 0$ და რხევა იწყება O წერტილიდან. სინათლის გავრცელების სიჩქარე აღვნიშნოთ V -თი. დროის გარკვეულ მონაკვეთის შემდეგ $t_1 = \frac{1}{4}T$ (პერიოდის მეოთხედი) OS ხაზზე რხევას დაიწყებს ნაწილაკი, რომელიც დაშორებულია საწყისი O წერტილიდან $OA = V \cdot \frac{1}{4}T$ მანძილზე (ნახ.10ა) ამ დროის განმავლობაში განივი რხევა O წერტილში გავრცელდება O -დან O' -მდე. ამავე დროს ფორმულა (2)-ით $OO' = b = a \cdot \sin(360^\circ \cdot \frac{1}{4}T) = a$, ხოლო O და A -ს შორის წერტილში რხევა გავრცელდება a -სა და O -ს შორის მანძილებზე, რომლებიც იგივე ფორმულით განისაზღვრება. ისეთივე მსჯელობით მივიღებთ, რომ t_2 დროისთვის $t_2 = \frac{2}{4}T = \frac{1}{2}T$ სნათლე გავრცელდება OB მანძილზე და $OB = V \cdot \frac{1}{2}T$ ე.ი. $OB = 2 \times OA$ (ნახ. 10ბ), ხოლო რხევები გავრცელდებიან ნულოვანი წერტილიდან $a \cdot \sin(360^\circ \cdot \frac{T}{2}) = 0$, ხოლო A წერტილიდან მანძილზე $a \cdot \sin(360^\circ \cdot \frac{1}{4}) = a$, და B წერტილში რხევა მხოლოდ იწყება. ამასთან, რხევის სიჩქარე O და B წერტილებში მიმართული იქნება სხვადასხვა მხარეს. O წერტილისთვის (1) ფორმულით მივიღებთ.

$$V_0 = V \cdot \cos(360^\circ \cdot \frac{1}{2}) = -V$$

ხოლო B წერტილისთვის იგივე ფორმულით

$$V_B = V \cdot \cos(360^\circ \cdot \frac{0}{T}) = +V$$



ნახ.10

შემდეგ. $t_3 = \frac{3}{4}T$ დროისთვის სინთლე გავრცელება. O-დან E-მდე (ნახ.10გ.), სადაც $OE = v \cdot \frac{3}{4}T$, ხოლო რხევა O წერტილში მივა $a \cdot \sin(360^\circ \frac{3}{4}) = -a$ -მდე A წერტილში $a \cdot \sin(360^\circ \frac{1}{2}) = 0$, B წერტილში $a \cdot \sin(360^\circ \frac{1}{4}) = a$ და E წერტილში უდრის O-ს და რხევა მხოლოდ იწყება. დაბოლოს, დროისთვის $t_4 = T$ მივიღებთ (ნახ.10დ) $OD = v \cdot T$. O წერტილში $a \cdot \sin 360^\circ = 0$, A წერტილში $a \cdot \sin 270^\circ = -a$, B-ში $a \cdot \sin 380^\circ = 0$, C-ში $a \cdot \sin 90^\circ = a$, D წერტილში უდრის O-ს და რხევა მხოლოდ იწყება სიჩქარეთა მიმართულებები ნაჩვენებია ისრებით. ამრიგად, ჩვენ მივიღეთ სინუსოიდი მთლიანი პერიოდისთვის T. ბოლო წერტილები O და D რხევათა მიმართ არიან ერთნაირ პირობებში – რხევის ფაზები ამ წერტილებისთვის ერთნაირია. ცხადია, სინათლის შემდგომი გავრცელების შემთხვევაში, გამეორდება იგივე. მრუდი OA^1BC^1D შეიძლება გაგრძელდეს მისი გამეორებით რამდენადმე შორს და დამოკიდებული იქნება დროის t შუალედზე (ნახ.10), რომელმაც გაიარა რხევის დასაწყისიდან.

ტალლის სიგრძე. მანძილი OD (ნახ.10 და 10დ), რომელზედაც ვრცელდება სინათლე სივარცხელში ერთი მთლიანი T პერიოდის განმავლობაში, ეწოდება ტალლის სიგრძე და აღინიშნება ბერძნული ასოთი λ , ზემონათქვამიდან გამომდინარეობს რომ $\lambda = vT$.

სინათლის პოლარიზაციის მოვლენები

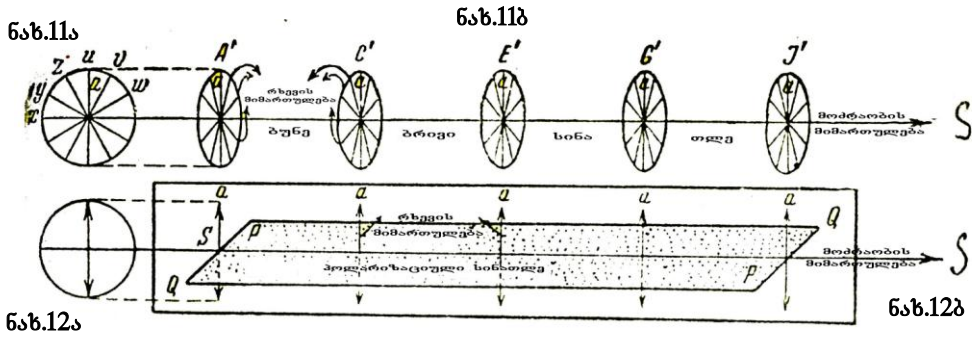
ჩვეულებრივი ანუ ბუნებრივი სინათლე. ისეთ სინათლეს, რომლის რხევა ხდება მისი გავრცელების მართობ სიბრტყეში ყველა მიმართულებით, და ეს სიბრტყე გადის ამ სხივის მიმართულებაზე, ეწოდება ჩვეულებრივი ანუ ბუნებრივი სინათლე. ნახ.11ა-ზე ნაჩვენებია რხევების წინხედი, ხოლო 11ბ-ზე გვერდხედი და A^1, C^1, E^1 და ა.შ. კვეთები გვიჩვენებენ რხევის მიმართულებებს.

დაპოლარებული სინათლე. თუ სინათლის რხევა ხდება მხოლოდ ერთ სიბრტყეში $Sa=Q$ (ნახ.12ბ.), რომელიც აგრეთვე სხივის გავრცელების მართობია, ეწოდება დაპოლარებული სინათლე. ნახ.12ა წინ ხედა, ხოლო 12ბ გვერდხედი. $1p$ სიბრტყე, რომელიც რხევის Q სიბრტყის მართობია და იგი თვით სხივზე გადის წარმოადგენს პოლარიზაციის სიბრტყეს.

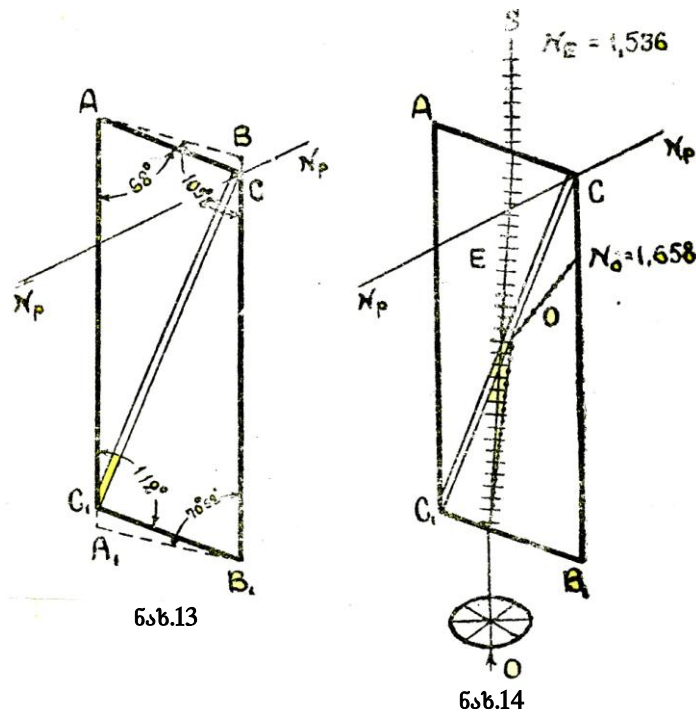
დაპოლარებული სინათლის მიღება. პოლარიზატორი და ანალიზატორი. კრისტალური ნივთიერების ოპტიკური თვისებების შესასწავლად მოსახერხებელია დაპოლარებული სინათლის გამოყენება, რადგან აქ რხევა ხდება ერთ გარკვეულ სიბრტყეში, ხოლო განსხვავება თვისებებში დამოკიდებული განსხვავებულ მიმართულებებზე წარმოადგენს კრისტალების ძირითად თვისებას. დაპოლარებული და ბუნებრივი სინათლის გარჩევა ერთმანეთისგან შეიძლება მხოლოდ ხელსაწყოების საშუალებით. მიკროსკოპში ასეთ ხელსაწყოებს წარმოადგენენ ნიკოლის პრიზმები (სახელწოდება მიცემული აქვთ ინგლისელი მეცნიერის ნიკოლის საპატივსაცემოდ, რომელმაც გამოიყენა ეს პრიზმები მიკროსკოპში) ან უბრალოდ ნიკოლები. მიკროსკოპში გამოყენებულია ორი ნიკოლი: ერთი, რომელიც ბუნებრივ სინათლეს გარდაქმნის დაპოლარებულში და ეწოდება პოლარიზატორი და მეორე, რომელიც ანალიზებს ამ დაპოლარებულ სინათლეს მისი გავლის შემდეგ საკვლევ კრისტალში და ეწოდება ანალიზატორი.

რას წარმოადგენს ნიკოლი? ნიკოლმა დაპოლარებული სინათლის მისაღებად შეარჩია კალციტის გამჭვირვალე სახეობა ისლანდიური შპატი. გამჭვირვალე იმიტომ, რომ მივიღოთ შეუფერავი სინათლე. ასეთი კრისტალის სათანადო დამუშავებით ნიკოლმა მიიღო სინათლის დამაპოლარებელი პრიზმა, რაც შემდეგნაერად ხდება: იღებენ ისნალდური შპატის ტკეჩვადობის გასწვრივ წაგრძელებულ რომბოედრს, სადაც გრძელი წიბოები მოკლეზე 3.495 -ჯერ მეტია (ნახ.13) რომბოედრის მსხვილი კუთხეები $=70^{\circ}52'$, ხოლო ბლაგვი $109^{\circ}08'$, კრისტალს მოკლე წახნაგების მხრიდან შლითავენ ისე, რომ სათანადოდ მიიღონ კუთხეები 68° და 112° ნახაზზე მოცემულია კალციტის რომბოედრის მთავარი კვეთი. კრისტალის ბლაგვ კუთხეებზე გამავალი მთავარი კვეთის მართობულ სიბრტყეზე ხერხავენ. გაჭრილ სიბრტყეებს აკრიალებენ და სოჭის

წებოთი (კანადის ბალზამით) აწებებენ. ნიკოლის პრიზმის გვერდებს შავი საღებავით ღებავენ. ვიცით, რომ შავი ფერი მშთანთქმელი ფერია.



რა ხდება ნიკოლის პრიზმაში? ვთქვათ, ნიკოლის პრიზმის ქვედა წახნაგს გრძელი წახაგების სწვრივად ეცემა ბუნებრივი სინათლე. ნიკოლში შესვლისას მოხდება სინათლის ორმაგი გარდატეხა. ის ორ სხივად გაიყოფა. ორივე იქნება დაპოლარებული, რომელთა რხევა ხდება ურთიერთმართობ სიბრტყეებში (ნახ.14). ამ ორი სხივიდან ერთი არის ჩვეულებრივი სხივი, ანუ ორდინერი, მეორე კი არაჩვეულებრივი ანუ ექსტრაორდინერი ნახაზზე ჩვეულებრივი სხივის რხევა აღნიშნულია წერტილებით ე.ი. რხევა ხდება ნახაზის მართობ სიბრტყეში, ხოლო არაჩვეულებრივი სხივის რხევა ხდება ნახაზის სიბრტყეში და აღნიშნულია მოკლე ხაზებით. კალციტის ჩვეულებრივი სხივის $N_o=1,658$, ხოლო სოჭის წებოს $N_e=1,537$ და, რადგან დაცემის კუთხეც სათანადოდაა შერჩეული, ჩვეულებრივი სხივი ვერ გაივლის კანადის ბალზამში, მოხდება მისი სრული შინაგანი არეკვლა და შთანთქმება ნიკოლის პრიზმის გვერდებზე წასმული შავი საღებავის მიერ.

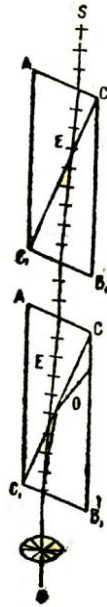


კალციტის არაჩვეულებრივი სხივის $N_E=1.536$, რაც თითქმის კანადის ბალზამის გარდატეხის მაჩვენებლის ტოლია, რის გამოც იგი სოჭის წებოს ფენას გარდაუტეხავად გაივლის და ნიკოლიდან გამოვა იმავე მიმართულებით, რა მიმართულებითაც იგი ნიკოლში შევიდა. აქ სხივის ძალა რასაკვირველია, შესუსტებულია, მაგრამ მივიღეთ ერთი დაპოლარებული სხივი.

სისტემა – პოლარიზატორი და ანალიზატორი. უკვე ვიცით, რომ ქვედა ნიკოლი არის პოლარიზატორი, სადაც ხდება ბუნებრივი სხივის გარდაქმნა დაპოლარებულ სხივად და ზედა ნიკოლი, რომელსაც ანალიზატორი ეწოდება.

ჯერ განვიხილოთ ანალიზატორის მოქმედება კრისტალური ფირფიტის გარეშე, შემდეგ კი, - როდესაც მასში შედის სხივი არა უშუალოდ პოლარიზატორიდან, არამედ კრისტალურ ფირფიტაში გავლის შემდეგ.

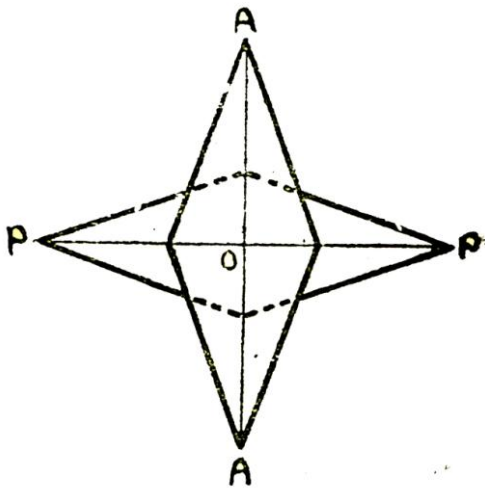
ქვედა ნიკოლიდან წამოსულ სხივს ზედა ნიკოლი ისეთივე ორიენტაციით რომ დავახვედროთ ე.ი. თუ ნიკოლები ურთიერთ-პარალელურ – $NicII$ მდგომარეობაში იქნებიან, სხივი მეორე ნიკოლში თავისუფლად გაივლის, რადგან აქ არაჩვეულებრივი სხივის რხევა იმავე მთავარი კვეთის სიბრტყეში იწარმოებს (ნახ.15) და ჩვენ ვხედავთ სინათლეს. ახლა თუ ზედა ნიკოლს შემოვაბრუნებთ 90° -ით და ორივეს ზემოდან დავხედავთ მივიღებთ ნახ.16-ზე გამოსახულ სურათს – ნიკოლები ჯვარედინია - $Nie+$. ასეთ შემთხვევაში ზედა ნიკოლის მეორე ნახევარში სინათლე არ გაივლის და მიკროსკოპში სიბნელეს მივიღებთ, რადგან ნიკოლის არაჩვეულებრივი სხივის რხევა გაივლის ზედა ნიკოლის ჩვეულებრივი სხივის რხევის სიბრტყეში, რის გამოც ჩვეულებრივ სხივად გარდაიქმნება, სოჭის წებოს ფენიდან აირეკლება და შთაინთქმება ე.ი. თუ ნიკოლები ერთმანეთის მიმართ 90° -ით არიან შემობრუნებული, ან როგორც ამბობენ ჯვარედინ ნიკოლებში სინათლე ქრება ზედა ნიკოლის საშუალებით. ახლა ცხადია, რომ ზედა ნიკოლი გამანალიზებელი ნაწილია ორი ნიკოლის სისტემაში. ჩვენ განვიხილეთ ორი მარტივი შემთხვევა პოლარიზატორისა და ანალიზატორის ურთიერთგანლაგებაში: პარალელური და ჯვარედინი, II და $+$. ანალიზატორის შემობრუნების დროს II და $+$ მდგომარეობას შორის უნდა მივიღოთ შუალედი ეფექტი ე.ი. II მდგომარეობიდან სინათლის თანდათანობითი შესუსტება სრულ სიბნელემდე $+$ მდგომარეობაში.



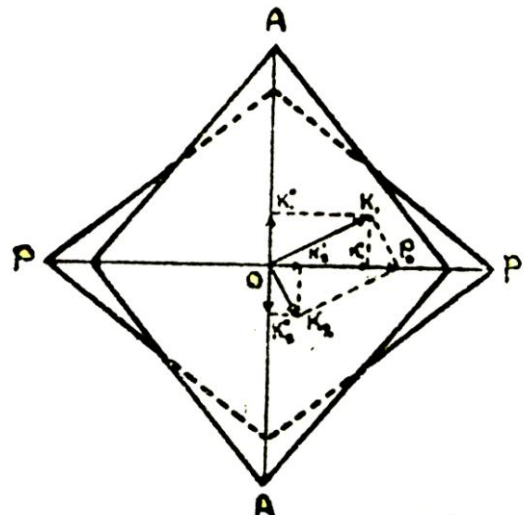
6ახ.15

ახლა, ავხსნათ მოვლენა, რა ხდება როდესაც პოლარიზატორსა და ანალიზატორს შორის მოთავსებულია კრისტალური ფირფიტა. ვთქვათ, ნიკოლები ჯვარედინ მდგომარეობაშია (ნახ.16) კრისტალურ ნივთიერებაში როგორც ანიზოტროპულ სხეულში წარმოიქმნება ორ ურთიერთ-მართობ სიბრტყეში რხევადი ტალღები. მათი რხევები არ ემთხვევა პოლარიზატორში და ანალიზატორში რხევების მიმართულებას (ნახ.17). ასეთ შემთხვევაში პოლარიზატორიდან წამოსული, ვთქვათ P. არაჩვეულებრივი ტალღა კრისტალურ ფირფიტაში, მექანიკაში ძალების დაშლის ანალოგიურად, პარალელოგრამის წესით ორ შემადგენელ OK_1 და OK_2 ტალღებად დაიშლება, რომლებსაც სხვადასხვა სიჩქარე ექნებათ.

კრისტალური ფირფიტიდან გამოსვლისას OK_2 ტალღა გაუსწრებს OK_1 -ს და მათ შორის გაჩნდება სვლათა სხვაობა Δ , რომელიც ანალიზატორში შესვლამდე უცვლელი იქნება, რადგან ისინი იზოტროპულ არეში (ჰაერში) ვრცელდებიან (ნახ.18)

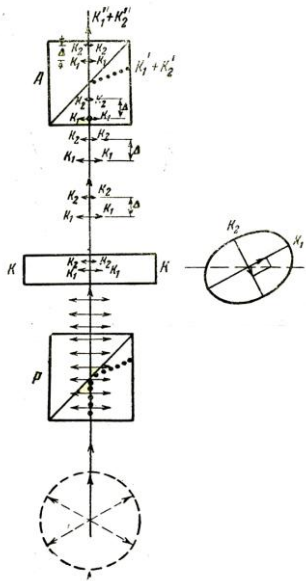


6ახ.16

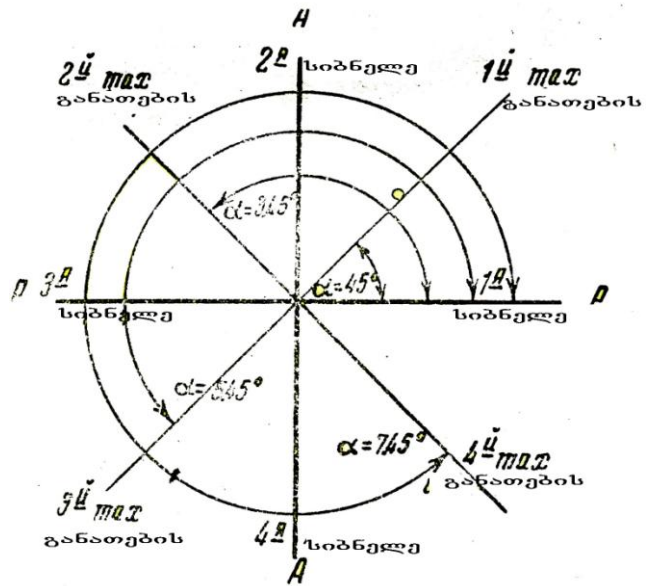


6ახ.17

ანალიზატორში შესვლისას თითოეული ტალღა თავის მხრივ ორ შემადგენელ OK_1^I და OK_1^{II} და OK_2^1 და OK_2^{II} ტალღებად დაიშლება. თითოეული მათგანის თითო შემადგენელი ე.ი OK_1^I და OK_2^1 ტალღა კანადის ბალზამის ფენაზე სრულ შინაგან არეკვლას განიცდის და შთანთქმება. რაც შეეხება OK_1^{II} და OK_2^{II} -ს ერთი და იმავე სიგრძის (λ) ანუ ერთფეროვანი ტალღებია და ანალიზატორის მთავარი კვეთის სიბრტყეში ირხევიან. ისინი იკრიბებიან და გვაძლევენ სინათლის ინტენსივობის გაზრდას ან შემცირებას. ამ მოვლენას სინათლის ინტერფერენცია ეწოდება.



ნახ.18



ნახ.19

ჯვარედინ ნიკოლებს შორის მოთავსებული კრისტალური ნივთიერების ფირფიტა მიკროსკოპის მაგიდის საშუალებით 360° -ზე, შემოტრიალებით ოთხჯერ (ორი მიმართულებით) სიბნელის მდგომარეობაში მოდის (პირველი სიბნელის მდგომარეობიდან ყოველ 90° -ის შემდეგ), რადგან ასეთ შემთხვევაში კრისტალური ნივთიერების სინათლის ტალღის რხევის ერთ-ერთი მიმართულება ანალიზატორის ჩვეულებრივი ტალღის რხევის მიმართულებით გაივლის, რაც სინათლის სრულ შინაგან არეკვლას და შთანთქმას გამოიწვევს. სიბნელის მდგომარეობათა შორის 45° -ის დაცილებით გვექნება მაქსიმალური განათება (ნახ. 19)

ინტერფერენციული მოვლენები. ორი ტალღის ურთიერთქმედება ანუ ინტერფერენცია ადვილი წარმოსადგენია გრაფიკულად. დაუშვათ გვაქვს ორი ტალღა. 1 და 2 (ნახ.20) ერთგვაროვანი (ერთფეროვანი) სინათლის ე.ი. ერთნაირი სიგრძის λ ტალღებით. სინათლე დაპოლარებულია და რხევა ხდება ნახაზის სიბრტყეში. განსხვავება ორ ტალღას შორის

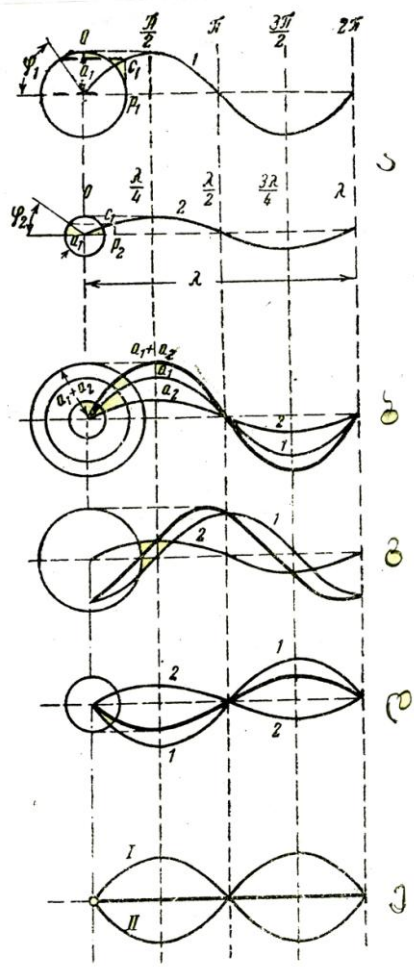
მხოლოდ რხევის ამპლიტუდაშია a_1 და a_2 . ე.ი. განსხვავებაა სინათლის ინტენსივობაში და არა მათ შეფერვაში (მაშასადამე რხევის პერიოდებიც ტოლია) ორი მოცემული ტალღის შეკრება ხდება გეომეტრიულად (რათქმუნდა, მხედველობაში უნდა მივიღოთ რხევები მიმართულია მოცემულ წერტილში, მოცემულ მომენტში, ერთ მხარეს (შეკრება), თუ სხვადასხვა მხარეს (გამოკლება)) თუ რხევათა ფაზები ერთნაირია, მაშინ რეზულტატიური ტალღა გვექნება როგორც (სქელი ხაზი) ნაჩვენებია ნახ. 20ბ-ზე მისი ორდინატები წარმოადგენენ შესაკრები ტალღების ორდინატთა ჯამს (ნახ.20ა-ზე). თუ ფაზები განირჩევიან $\frac{\pi}{2} = \frac{\lambda}{4}$ მაშინ, სანამ ორდინატებს შევკრებდეთ უნდა გადავწიოთ რომელიმე, მაგალითად 1-ლი ტალღა მარჯვნივ, ისე რომ ორდინატი $\frac{\pi}{2}$ დაემთხვეს მეორე ტალღის 0-ოვან ორდინატს და ა.შ. ნახ. 20გ-ზე მოცემულია რეზულტატიური ტალღა ამ შემთხვევისთვის. ნახ.20დ-ზე ნაჩვენებია რეზულტატიური ტალღა იმ შემთხვევისთვის, როდესაც ფაზები განსხვავდებიან $\pi = \frac{\lambda}{2}$. დაბოლოს, 20ე-ზე ნაჩვენებია ის შემთხვევა, როდესაც ხდება ორი ტოლი ამპლიტუდის მქონე ტალღის შეჯამება, მაგრამ საწინააღმდეგო ფაზებით ე.ი. განსხვავდებიან ერთმანეთისგან $\frac{\lambda}{2}$, ისე როგორც წინა ნახაზზე. ამ შემთხვევაში არავითარი რეზულტატიური ტალღა არ არის, ამპლიტუდები ნულის ტოლია და სინათლე არ არის (ტალღები ერთმანეთს სპობენ).

ზემოთ მოყვანილი მსჯელობიდან გამომდინარეობს ინტერფერენციის შემდეგი საერთო კანონი:

ორი ერთგვაროვანი სინათლის ტალღის ინტერფერენციისას ამპლიტუდის (a_1+a_2) ანუ სინათლის ინტენსივობის მაქსიმალური გაზრდა მოხდება მაშინ, როდესაც შესაკრები ტალღების ფაზები მთელი ტალღებით ანუ რაც იგივეა, ლუწი ნახევართალღებით განსხვავდება, ე.ი. 1λ და 360° , 2λ ანუ $2 \cdot 360^\circ$ $2n \frac{\lambda}{2}$ ანუ $2n \frac{360^\circ}{2} = 2n \cdot 180^\circ$. ამპლიტუდის მინიმუმს ვღებულობთ მაშინ, როდესაც შესაკრები ტალღების ფაზები კენტი ნახევართალღებით განსხვავდება, ე.ი. $1 \frac{\lambda}{2}$ ანუ 180° , $3 \frac{\lambda}{2}$ ანუ $3 \cdot 180^\circ$ $(2n+1) \frac{\lambda}{2}$ ანუ $(2n+1)180^\circ$.

ინტერფერენციული მოვლენები ბუნებრივ სინათლეში კვლევის დროს. კრისტალური ნივთიერების კვლევისას ბუნებრივ სინათლეში, რომელიც შეიცავს სინათლის სპექტრის ყველა ხილულ ფერს, $\lambda=393_{\beta\beta}$ -დან $\lambda=760_{\beta\beta}$ -მდე ინტერფერენციის შედეგად ხდება კრისტალური

ნივთიერების შეფერვა, რაც გამოწვეულია იმ ფერების ინტენსივობის გაზრდით, რომელთა სვლათა სხვაობა კენტ რიცხვ ნახევარტლას შეიცავს და იმ ფერების შესუსტებით ან მოსპობით, რომლებიც ლუწ რიცხვ ნახევარტალლებით განსხვავდება.



ნახ.20

ოპტიკური ინდიკატრისა

ოპტიკური თვისებების მიხედვით ყველა ბუნებრივი ნივთიერება შეიძლება დაიყოს ორ დიდ ჯგუფად: პირველ ჯგუფში შედის კუბური სინგონიის ყველა კრისტალური ნივთიერება, ზოგიერთი მყარი სხეული (ამორფული), მინები, სითხეები, აირები. თითოეულ მათგანს ახასიათებს ყველა მიმართულებით ერთნაირი ოპტიკური თვისებები, რითაც განპირობებულია მათი უმთავრესი განსხვავება მეორე ჯგუფის ნივთიერებებისაგან. კერძოდ, ისინი არ რეაგირებენ დაპოლარებულ სინათლეზე. ასეთი ნივთიერებების ფირფიტები + ნიკოლებში ყოველთვის ბნელია. ეს იზოტროპული ნივთიერებებია.

ბუნებრივი ნივთიერებების მეორე ჯგუფს მიეკუთვნებიან არაიზოტროპული სხეულები ანუ ანიზოტროპულები. ამ ჯგუფში შედიან ყველა სინგონიის კრისტალური ნივთიერებები, გარდა

კუბურისა და როგორც გამონაკლისი სითხეები. ყველა ამ ნივთიერებებში ოპტიკური თვისებები იცვლება, რა თქმა უნდა (თითოეული მათგანში განსხვავებულად) მიმართულებასთან დაკავშირებით, ისე რომ პარალელური მიმართულებებით ეს თვისებები ყოველთვის ერთნაერია, ხოლო არაპარალელური მიმართულებებით - განსხვავებული. აქდან გამომდინარეობს ანიზოტროპული ნივთიერებების მთავარი ნიშანი - ისინი რეაგირებენ დაპოლარებულ სინათლეზე, რაც მჟღავნდება ამა თუ იმ ინტერფერენციული ფერის წარმოქმნაში თუ ანიზოტროპულ ფირფიტას მოვათავსებთ + ნიკოლებში.

თუ ანიზოტროპული კრისტალების სხვადასხვა კვეთებზე ჩავატარებთ ოპტიკურ გამოკვლევებს გამოჩნდება:

1) რომ ერთი კვეთის თვისებები იცვლება ამ კვეთში აღებულ მიმართულებასთან დამოკიდებულებაში.

2) რომ ეს ცვლილება ხდება უწყვეტად და თანდათანობით და ამჟღავნებს სიმეტრიულობას ორი ურთიერთმართობი მიმართულებით, რომლებიც ამ კვეთში არიან განლაგებული.

3) რომ აღებული კრისტალის სხვადასხვა კვეთის თვისებები იცვლება, აგრეთვე, სრულიად უწყვეტად და თანდათანობით და სიმეტრიულობას ამჟღავნებს სამი ურთიერთმართობი მიმართულებით, რომლებიც განლაგებული არიან ამ აღებულ ნივთიერებაში.

4) რომ, იმ შემთხვევაში თუ კვეთებს აქვთ ერთნაერი ორიენტაცია ამ ნივთიერების კრისტალოგრაფიული ელემენტების მიმართ, ოპტიკური ეფექტი იქნება სრულიად ერთნაერი, ამ ნივთიერების როგორი ფორმის (დაწახნაგების თვალსაზრისით) კრისტალებიც არ უნდა ავარჩიოთ გამოსაკვლევადად.

5) რომ, ყოველ ანიზოტროპულ ნივთიერებაში აუცილებლად არსებობს ისეთი კვეთი - იზოტროპული კვეთი, რომელშიც კრისტალური ფირფიტა მოიქცევა ისევე, როგორც იზოტროპული ნივთიერების ფირფიტა.

6) რომ, სხვადასხვა კრისტალურ ნივთიერებებს აქვთ: ან ა) მხოლოდ ერთი იზოტროპული კვეთი¹ - ერთღერძიანი კრისტალური ნივთიერებები: ტრიგონული, ტეტრაგონული და ჰექსაგონური სინგონიების, ან ბ) ორი იზოტროპული კვეთი - ორღერძიანი კრისტალური ნივთიერებები რომბული, მონოკლინური და ტრიკლინური სინგონიებისა.

1. გამომდინარე იქიდან, რომ პარალელური მიმართულებებით ანიზოტროპულ ნივთიერებებს თვისებები ერთნაერი აქვთ. თუ არსებობს ერთი იზოტროპული კვეთი, მაშინ გვექნება ასეთი კვეთების ურიცხვი რაოდენობა და ისინი იქნებიან პირველის პარალელური. „ერთი იზოტროპული კვეთი“ - ამ გამოთქმის ქვეშ იგულისმება ისეთი კვეთი, რომელიც მიიღება კრისტალის გაკვეთით მხოლოდ ერთადერთი მიმართულების სიბრტყით, ან სხვანაირად, გვაქვს მხოლოდ ერთი კრისტალის ცენტრზე გამავალი წრიული კვეთი.

7) რომ, დაბოლოს, სინათლის გავრცელების დროს ანიზოტროპულ ნივთიერებებში მიიღება ორი დაპოლარებული ტალღა, რომელთა რხევა ხდება ორი ურთიერთმართობი მიმართულებით, ხოლო მათი მოძრაობის მიმართულება ამ რხევათა მართობია.

ფრანგმა ფიზიკოსმა ფრენელმა ყველა გამოკვლეული ფაქტები გააერთიანა ერთ საერთო დებულებაში, რომელიც საფუძვლად უდევს ყველა ბუნებრივი ნივთიერების ოპტიკას ფორმულირება ასეთია: ყველა ბუნებრივი ნივთიერების ოპტიკური თვისებები შეიძლება აიხსნას

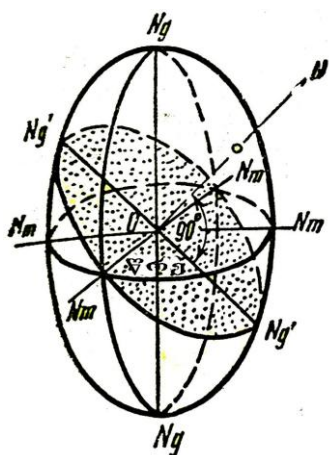
ოპტიკური წარმოსახვითი ზედაპირის დახმარებით, რომელიც წარმოადგენს მეორე რიგის ჩაკეტულ, შეკრულ ზედაპირს და მას ფლექტურის მიხედვით ოპტიკური ინდიკატრისა ეწოდება. ოპტიკური ინდიკატრისის ყოველი რადიუს-ვექტორი გამოსახავს გარკვეულ მასშტაბში - იმ ტალღის გარდატეხის კოეფიციენტს, რომელიც ამ რადიუს-ვექტორის გასწვრივ ირხევა (გაგანხიანებთ, რომ ტალღა, რაც იგივეა სხივი ვრცელდება რადიუს-ვექტორის მართობული მიმართულებით). უფრო მარტივად, რომ ვთქვათ, ოპტიკური ინდიკატრისა არის წარმოსახვითი ზედაპირი აგებული გარდატეხის მაჩვენებლებზე. ოპტიკური ინდიკატრისა ეს ის ინსტრუმენტია, რომლის დახმარებითაც ჩვენ შეგვიძლია შევისწავლოთ ურთიერთდამოკიდებულება გარდატეხის მაჩვენებელსა და კრისტალების სიმეტრიას შორის.

ოპტიკური ინდიკატრისა — სფერო. იზოტროპული სხეულებისთვის ოპტიკური ინდიკატრისა წარმოადგენს სფეროს. ასეთ ნივთიერებებში სინათლე ვრცელდება ყველა მიმართულებით ერთნაირი სიჩქარით და ამიტომ რადიუს-ვექტორები, რომლებიც გავრცელების მიმართულების მართობულნი არიან და გამოსახავენ მათ გარდატეხის კოეფიციენტებს n -ს (ე.ი. გავრცელების სიჩქარის შებრუნებულ სიდიდეებს) ასევე უნდა იყვნენ ერთმანეთის ტოლი. სხვადასხვა გარდატეხის მქონე იზოტროპული ნივთიერებებისთვის ოპტიკურ ინდიკატრისებს - სფეროებს, შესაბამისად, სხვადასხვა რადიუსი ექნებათ ე.ი. სხვადასხვა ზომისა იქნებიან. ერთი და იგივე ნივთიერებისთვის სფეროთა რადიუსები განსხვავებული იქნება სინათლის სხვადასხვა სიგრძის ტალღებისთვის (ე.ი. სხვადასხვა ფერისთვის) - გარდატეხის დისპერსია - და იცვლიან თავის სიდიდეს, აგრეთვე, ტემპერატურასთან და ყოველმხრივ განვითარებულ თანაბარ წნევასთან დამოკიდებულებაში, მაგრამ ყველა შემთხვევაში იზოტროპული ნივთიერებების ოპტიკურ ინდიკატრისას აქვს სფეროს ფორმა.

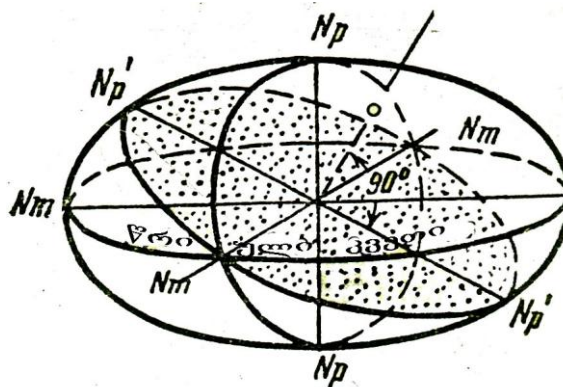
ტემპერატურის მომატებასთან ერთად ნივთიერების სიმკვრივე მცირდება, ამასთან დაკავშირებით გარდატეხის კოეფიციენტი უნდა შემცირდეს. თხევად და გაზისებურ ნივთიერებებში ამ დამოკიდებულებას ყოველთვის აქვს ადგილი. მაგარ იზოტროპულ ნივთიერებებში (ზოგიერთი მინა და კრისტალური ნივთიერებებიდან - ალმასი) ტემპერატურა ზოგჯერ აამაღლებს გარდა-

ტეხის კოეფიციენტს ე.ი. მოქმედებს უშუალოდ, რაც აიხსნება აბსორბციის მოვლენებით (Pockels).

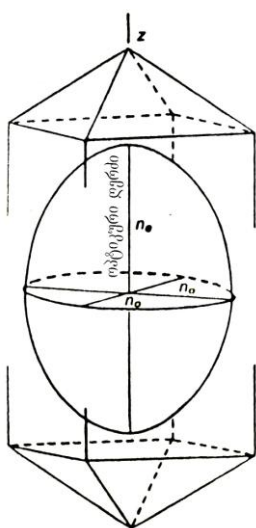
ობტიკური ინდიკატრისა - სფეროიდი - ბრუნვის ელიფსოიდი



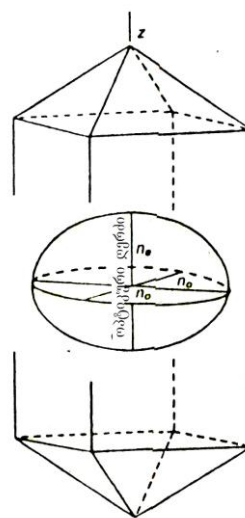
ნახ. 21ა



ნახ. 21ბ



ნახ. 22ა



ნახ. 22ბ

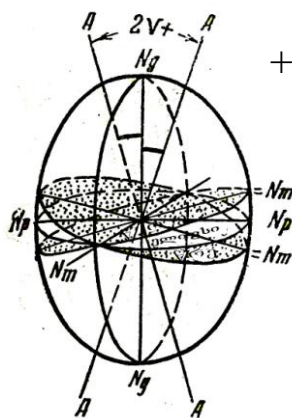
ტრიკონული, ტეტრაგონული და ჰექსაგონური სინგონიების კრისტალებისთვის ე.ი. ერთღერძიანი ნივთიერებებისთვის, ობტიკური ინდიკატრისა წარმოადგენს ბრუნვით ელიფსოიდს ანუ სფეროიდს, ფიგურას, რომელიც მიიღება ელიფსის ბრუნვით ერთ-ერთი სიმეტრიის ღერძის გარშემო. ამ კრისტალებს აქვთ ერთი განსაკუთრებული ღერძი უმაღლესი რიგის და ელიფსოიდის ბრუნვის ღერძი ემთხვევა, სწორედ მესამე, მე-4 და მე-6 რიგის სიმეტრიის ღერძებს, ხოლო ამ ერთადერთი ობტიკური ღერძის მართობი კვეთი წარმოადგენს სფეროიდის წრიულ კვეთს. ამიტომ ამ კრისტალებს უწოდებენ ობტიკურად ერთღერძიანებს ან უბრალოდ ერთღერ-

ძიანებს. სფეროიდები ერთმანეთისგან გარდა სიდიდისა, ფორმითაც განსხვავდებიან თუ ოპტიკური ნახევარღერძი Ng მეტია წრიული კვეთის Nm რადიუსზე, მაშინ სფეროიდს ექნება წაგრძელებული ფორმა და კრისტალები რომლებიც ხასიათდებიან ამ ფორმის სფეროიდით ეწოდებათ ოპტიკურად დადებითი ან უბრალოდ დადებითი (ნახ.21ა) თუ ოპტიკური ნახევარღერძი Np ნაკლებია წრიული კვეთის Nm რადიუსზე, მაშინ სფეროიდს შებრტყელებული ფორმა აქვს და კრისტალებს რომლებიც ამ ფორმის სფეროიდით ხასიათდებიან ეწოდებათ ოპტიკურად უარყოფითი (ნახ.21ბ) ან უბრალოდ უარყოფითი სიდიდეები Ng, Nm პირველებისთვის Nm, Np მეორეთათვის წარმოადგენენ მთავარ გარდატეხის მაჩვენებლებს, ხოლო მათი სხვაობები $Ng - Nm$ და $Nm - Np$ იძლევიან ორმაგი გარდატეხის მაქსიმალურ სიდიდეს და უბრალოდ, წარმოადგენს ერთდებიანი კრისტალების ორმაგ გარდატეხას. ამრიგად, როდესაც ლაპარაკობენ ორმაგ გარდატეხაზე მხედველობაში აქვთ მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა რომელსაც ის მიიღებს მთავარ კვეთში. ეს კვეთი გადის ოპტიკურ ღერძზე და სფეროიდის წრიული კვეთის ნებისმიერ რადიუსზე. ერთდერიანი ელიფსოიდში გვექნება სრულიად ერთნაირი მთავარი კვეთების უსასრულო რაოდენობა, რომლებიც წარმოადგენენ ელიფსებს, Ng, Nm ნახევარ ღერძებით დადებითი კრისტალები, ან Nm, Np -თი უარყოფითი. ოპტიკური ღერძის მართობ კვეთში, რომელიც წრიულს წარმოადგენს ორმაგი გარდატეხა ნულის ტოლია ($Nm - Nm = 0$) ხოლო შუალედ კვეთებში მთავარსა და წრიულს შორის ეს სიდიდე მიიღებს ყველა მნიშვნელობას $Ng - Nm$ ან $Nm - Np$ -სა და 0-ს შორის დაბოლოს, უნდა დავამატოთ, რომ როდესაც უნდათ ზუსტად დაახასიათონ ერთდერიანი მინერალი ორმაგი გარდატეხის თვალსაზრისით, ამბობენ, რომ მინერალი უარყოფითია და აქვს ასეთი, თუ ისეთი სიდიდის ორმაგი გარდატეხა. ან აღნიშნავენ რომ ასეთი სიდიდის ორმაგი გარდატეხა უარყოფითია. დადებით მინერალებს ორმაგი გარდატეხა დადებითი აქვთ. ნახ.22ა,ბ-ზე ნაჩვენებია დადებითი და უარყოფითი ინდიკატრისების ორიენტაცია ტეტრაგონულ სინგონიის კრისტალში

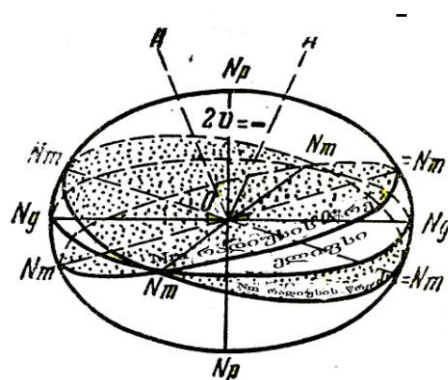
ოპტიკური ინდიკატრისა – სამღერძა ელიფსოიდი (ელიფსოიდი სამი არატოლი ღერძით).

რომბული, მონოკლინური და ტრიკლინური სინგონიების კრისტალებისთვის ოპტიკური ინდიკატრისა წარმოადგენს ელიფსოიდს სამი არატოლი ურთიერთმართობი ღერძებით: უდიდესი Ng , საშუალო Nm და უმცრესი Np , როგორც გეომეტრიიდან არის ცნობილი, ასეთ ელიფსოიდს ყოველთვის აქვს ორი წრიული კვეთი, რომელთა რადიუსები ერთნაურია და სიდიდით ტოლია ელიფსოიდის საშუალო Nm ნახევარღერძის. მიმართულებები AA (ნახ. 23ა, 23ბ), რომლებიც მართობნი არიან ელიფსოიდის ორი წრიული კვეთისა წარმოადგენენ ელიფსოიდის ოპტიკურ ღერძებს. ე.ი. გვაქვს ორი წრიული კვეთი და ორი ოპტიკური ღერძი. ამიტომ ეს ელიფსოიდი და კრისტალური ნივთიერებები, რომლებსაც იგი ახასიათებთ, იწოდებიან

ოპტიკურად ორღერძიან კრისტალებად ან უბრალოდ ორღერძიანად. ნახევარღერძები Ng და Np წარმოადგენენ ოპტიკურ ღერძთა შორის კუთხის ($2V$) ბისექტრისებს. თითოეულ მათგანს შეუძლია შუაზე გაყოს ან ოპტიკურ ღერძთა შორის მახვილი კუთხე – მახვილი ანუ პირველი ბისექტრისა, ან ბლაგვი - ბლაგვი ანუ მეორე ბისექტრისა: თუ მახვილი კუთხის ბისექტრისა ელიფსოიდის Ng ნახევარღერძია, ელიფსოიდს წაგრძელებული ფორმა აქვს და კრისტალებს რომლებსაც ის ახასიათებს ეწოდებათ ოპტიკურად დადებითი ან უბრალოდ დადებითი (ნახ.23ა). თუ მახვილი კუთხის ბისექტრისას წარმოადგენს ელიფსოიდის Np ნახევარღერძი, მაშინ მას აქვს შებრტყელებული ფორმა და კრისტალებს, რომლებსაც ახასიათებთ ასეთი ელიფსოიდი ეწოდებათ ოპტიკურად უარყოფითი ან უბრალოდ უარყოფითი (ნახ. 23ბ). Nm ნახევარღერძს, როგორც ელიფსოიდის ოპტიკური ღერძების მართობ მამართულებას, ზოგჯერ ოპტიკურ ნორმალს უწოდებენ. როდესაც ლაპარაკობენ ოპტიკურ ღერძთა შორის კუთხეზე, ყოველთვის გულისხმობენ მახვილ კუთხეს და აღნიშნავენ $2V$ -თი დადებითი ან უარყოფითი ნიშნით იმის მიხედვით ელიფსოიდი დადებითია თუ უარყოფითი. როდესაც $2V=90^\circ$ ნიშანს არა აქვს მნიშვნელობა, მაგრამ ზოგჯერ გვხვდება აღნიშვნა: $2V=\pm 90^\circ$.



ნახ. 23ა



ნახ. 23ბ

სიდიდეები Ng , Nm და Np წარმოადგენენ ორღერძიანი კრისტალების მთავარ გარდატეხის მაჩვენებლებს, ხოლო სხვაობა $Ng-Np$ გვაძლევს ორმაგი გარდატეხის მაქსიმალურ სიდიდეს ან უბრალოდ ორღერძიანი მინერალების ორმაგ გარდატეხას, როდესაც ლაპარაკობენ მინერალის ორმაგ გარდატეხაზე, გულისხმობენ $Ng-Np$ სიდიდეს, ხოლო ორმაგი გარდატეხის ყველა შუალედი სიდიდისთვის მიუთითებენ კვეთს, რომელშიც ამ სიდიდეს აქვს ადგილი. მთავარ გარდატეხის მაჩვენებელზე გამავალი სიბრტყეები ე.ი. $Ng Np$, $Ng Nm$ და $Nm Np$ სიბრტყეები წარმოადგენენ ელიფსოიდის მთავარ კვეთებს. ამრიგად, ორღერძიან ელიფსოიდში გვაქვს სამი მთავარი კვეთი. ოპტიკური ღერძები განლაგებულია ყოველთვის

Ng Np სიბრტყეში და მას ოპტიკურ ღერძთა სიბრტყეს უწოდებენ. ორმაგი გარდატეხა Ng - Np ყოველთვის დადებითია, ვინაიდან Ng ყოველთვის მეტია Np -ზე ხოლო თუ მოკლედ უნდათ დაახასიათონ ორღერძიანი მინერალი, იმის ნაცვლად რომ ითქვას მინერალი უარყოფითია და აქვს ასეთი და ასეთი ორმაგი გარდატეხა, პირობითად ამბობენ რომ მინერალს აქვს უარყოფითი ორმაგი გარდატეხა, ხოლო დადებით ნივთიერებებს აქვთ დადებითი ორმაგი გარდატეხა.

ელიფსოიდის ორიენტირება რომბულ კრისტალებში. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ოპტიკური ინდიკატრისის ორღერძა ელიფსოიდი განსაზღვრავს რომბული, მონოკლინური და ტრიკლინური სინგონიების კრისტალთა ოპტიკურ თვისებებს. რომბულ სინგონიაში ელიფსოიდის ღერძები ყოველთვის ემთხვევა კრისტალოგრაფიულ ღერძებს (უფრო ზუსტად, კრისტალის სიმეტრიის ღერძებს). ამასთან, Ng , Nm და Np ღერძებს სხვადასხვა მინერალში შეიძლება დაემთხვეს სხვადასხვა კრისტალოგრაფიული ღერძი - $[001]$, $[010]$ ან $[100]$. ასე რომ, ოპტიკურ ღერძთა Ng Np სიბრტყე (აქვე უნდა გავიხსენოთ, რომ ელიფსოიდის ოპტიკური ღერძები შეიძლება განლაგებული იყოს მხოლოდ Ng Np სიბრტყეში და არა სხვა რომელიმეში) სხვადასხვა მინერალში ემთხვევა ან პირველ, ან მეორე, ან მესამე პინაკოიდს და ეს არის რომბული მინერალებისთვის ერთ-ერთი ოპტიკური მახასიათებელი. კრისტალოგრაფიული ღერძების და ინდიკატრისის ღერძების დამთხვევას რომბულ სინგონიაში ადგილი აქვს როგორც სხვადასხვა სიგრძის ტალღების შემთხვევაში, ასევე სხვადასხვა ტემპერატურისა და წნევის პირობებში, რომელთა დროსაც ხდება დაკვირვება, მაგრამ Ng , Nm და Np სიდიდეები შეიძლება შეიცვალოს და განაპირობებდეს გარდატეხისა და ორმაგი გარდატეხის დისპერსიას ყველა კვეთში. განსხვავებით იზოტროპული და ერთღერძიანი ნივთიერებებისგან, სადაც მხოლოდ ერთი გარდატეხის და აგრეთვე, ორმაგი გარდატეხის დისპერსია ხდება, აქ კი ადგილი უნდა ჰქონდეს ოპტიკური ღერძების დისპერსიასაც.

დასკვნა: რომბული კრისტალების სრულყოფილი დახასიათებისთვის მათი ოპტიკური ორიენტაციის თვალსაზრისით აუცილებელია მიუთითოთ: 1) რომელ კრისტალოგრაფიულ ღერძებს - $[100]$, $[010]$, $[001]$ - ემთხვევიან Ng , Nm და Np ოპტიკური ინდიკატრისის ღერძები, ან რაც იგივეა: რომელი პინაკოიდი - (100) , (010) , (001) - წარმოადგენს ოპტიკურ ღერძთა სიბრტყე Ng Np -ს და რომელ კრისტალოგრაფიულ ღერძს ემთხვევიან Ng ან Np ამ პინაკოიდში

მაგალითად, ჰიპერსტენისთვის გვაქვს შემდეგი დახასიათება

<p>1ა $Ng = [001]$</p> <p>$Nm = [010]$</p> <p>მაშინ</p> <p>$Np = [100]$</p>	<p>1ბ $Ng Np = (010) \quad Ng Np \parallel (010)$</p> <p>$Ng = [001] \quad Ng - [001]$</p> <p>აწ</p> <p>მაშინ</p> <p>$Np = [100]$ და $Nm [010]$</p>
--	---

2) როგორი ხასიოთი აქვს ოპტიკურ ღერძთა დისპერსიას

3) თუ ორიენტაცია სხვადასხვა ფერისთვის განსხვავებულია უნდა მიეთითოს

ელიფსოიდის ორიენტირება მონოკლინურ კრისტალებში. მონოკლინურ სინგონიაში ორღერძიანი ელიფსოიდის ერთ-ერთი ღერძი (ჩვეულებრივ Nm) ყოველთვის ემთხვევა მეორე კრისტალოგრაფიულ ღერძს $[010]$, დანარჩენი ორი ღერძი მეორე პინაკოიდის (010) სიბრტყეში დევს და წარმოქმნის ირიბ კუთხეებს – ეგრეთ წოდებულ ალებული მინერალის ჩაქრობის კუთხეებს - პირველ და მესამე კრისტალოგრაფიულ ღერძებთან, ამასთან ეს კუთხეები (უფრო ხშირად კუთხე Ng -სა და $[001]$ შორის) წარმოადგენენ მინერალების მნიშვნელოვან ოპტიკურ მახასიათებლებს (მიუხედავად თუ მითითებულია ღერძი, რომელიც ემთხვევა $[010]$ -ს) და იზომორფულ ნარეგებში, ჩვეულებრივ უწყვეტად იცვლება შემადგენლობის შეცვლასთან ერთად, (მაგალითად, ავეიტის კუთხე $Ng [100] = 44^\circ$ -დან 55° -მდე, ეგირინ-ავეიტის 55° -დან 85° -მდე, ეგირინის 85° -დან 88° -მდე. პირობების შეცვლა (ფერი, წნევა, ტემპერატურა) ამ შემთხვევაში იწვევს როგორც გარდატეხის ასევე ორმაგი გარდატეხის დისპერსიას, ამასთან მონოკლინურ კრისტალებში ბისექტრისების დისპერსიაც ხდება.

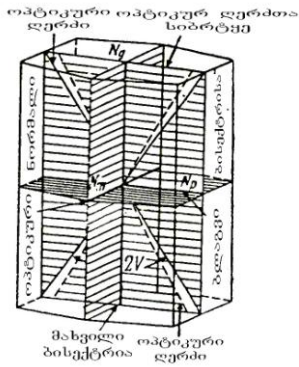
ამრიგად, მონოკლინური კრისტალების დახასიათებლად მათი ოპტიკური ორიენტირების თვალსაზრისით, აუცილებელია მიუთითოთ:

1ა) ელიფსოიდის რომელი ღერძი-ჩვეულებრივ Nm - ემთხვევა მეორე კრისტალოგრაფიულ $[010]$ ღერძს ან რაც იგივეა

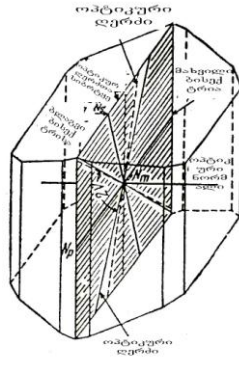
1ბ) მთავარი კვეთებიდან - $Ng Np$, $Ng Nm$, $Nm Np$ - ჩვეულებრივ $Ng Np$ - რომელი ემთხვევა მეორე პინაკოიდს (010)

2) როგორ არის განლაგებული $[100]$ ან $[001]$ ღერძი ოპტიკური ინდიკატრისის ღერძების მიმართ, რომლებიც განლაგებული არიან მეორე პინაკოიდის სიბრტყეში ე.ი. რას უდრის ჩაქრობის კუთხე ინდიკატრისის ერთ-ერთი ღერძის მიმართ - ჩვეულებრივ Ng . ამასთან, მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ ვთქვათ, კუთხე $Ng [001] = 15^\circ$, მაშინ კუთხე $Np [001] = 90^\circ - 15^\circ = 75^\circ$, ვინაიდან კუთხე Ng და Np შორის ყოველთვის 90° -ის ტოლია.

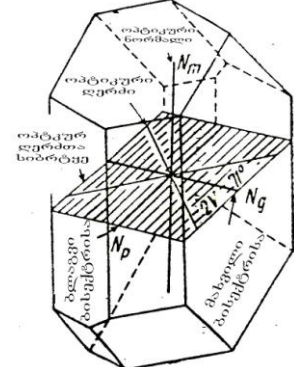
უმრავლესობა მონოკლინური სინგონიის ქანმაშენი მინერალებისთვის გვექნება შემდეგი დახასიათება 1 და 2 პუნქტების მიმართ:



ნახ.. 24ა



ნახ.. 24ბ



ნახ.. 24გ

1ა) $Nm=[010]$

ან

და 2) $\angle Ng [001]=a^\circ$ (მაშინ $\angle Np [001]=90^\circ - a^\circ$)

1ბ) $NgNp=(010)$

უფრო იშვიათად:

1) $Ng=[010]$

ან

და 2) $\angle Nm [001]=a^\circ$ (მაშინ $\angle Np [001]=90^\circ - a^\circ$)

$NmNp=(010)$

და ქანმაშენი მინერალებისთვის ძალიან იშვიათად (მაგნეზიალური დიოფსიდი, მონაციტი)

1ა) $Np=[010]$

ან

და 2) $\angle Ng [001]=a^\circ$ (მაშინ $\angle Nm [001]=90^\circ - a^\circ$)

$NgNm=(010)$

3) რა ხასიათი აქვს ოპტიკური ღერძების დისპერსიას

4) რა ხასიათი აქვს ინდიკატრისის მთავარი ღერძების დისპერსიას (რა თქმა უნდა მხოლოდ ორ ღერძზეა ლაპარაკი, რადგან მესამე ღერძი ემთხვევა მეორე რიგის ღერძს და დისპერსიას არ განიცდის)

ელიფსოიდის ორიენტირება ტრიკლინურ კრისტალებში.

ტრიკლინურ სინგონიაში ოპტიკური ინდიკატრისის ორღერძიანი ელიფსოიდის ღერძები, საერთოდ, არ ემთხვევიან კრისტალოგრაფიულ ღერძებს. ის კუთხეები, რომლებიც მათ შორის იქმნება (ჩაქრობის კუთხეები) წარმოადგენენ ტრიკლინური მინერალების მნიშვნელოვან ოპტიკურ მახასიათებლებს და აქვთ სხვადასხვა მინერალებისთვის და ერთი და იგივე ინდივიდის სხვადასხვა იზომორფული წევრისთვის სხვადასხვა მნიშვნელობა (მაგალითად მოვიყვანო პლაგიოკლასებს). მაგრამ ერთი და იგივე სახეობისთვის ეს მახასიათებლები მუდმივია ერთი და იგივე პირობებში. ამ პირობების

შეცვლა (ფერი, ტემპერატურა, წნევა) იწვევს ცვლილებებს ოპტიკური ინდიკატრისის ყველა ელემენტის სიდიდესა და მდგომარეობაში ე.ი. ტრიკლინურ მინერალებში გვექნება გარდატეხის დისპერსიაც, ოპტიკურ ღერძთა დისპერსიაც და ელიფსოიდის მთავარი ღერძების (ბისექტრისები და ოპტიკური ნორმალი) დისპერსიაც.

დასკვნა: ტრიკლინური მინერალების დახასიათებისათვის მათი ოპტიკური ორიენტაციის თვალსაზრისით მოჰყავთ ის კუთხეები რომლებიც, ჩვეულებრივ, Ng, Nm და Np ღერძებთან იქმნებიან:

1) ერთ-ერთი კრისტალოგრაფიული ღერძით $[100]$, $[010]$, $[001]$ ან

2) მართობით ერთერთი პინაკოიდის მიმართ (100) , (010) , (001) . ამავე დროს, მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ ამ კუთხეებიდან ორი გვექნება, მაგალითად,

1) $\angle [001] Ng = \alpha^\circ$ და $\angle [001] Nm = \beta^\circ$

ან

2) $\angle \perp (010) Ng = \alpha^\circ$ და $\angle \perp (010) Nm = \beta^\circ$

მესამე კუთხე – $[001] Np = \gamma^\circ$ პირველი შემთხვევისთვის ან $\perp (010) Np = \gamma^\circ$ - მეორე შემთხვევისთვის. ეს განისაზღვრება სრულიად ერთმნიშვნელოვნად ანალიზური გეომეტრიის დახმარებით (ღერძები Ng, Nm და Np ყოველთვის ურთიერთმართობია).

2. განისაზღვრება ოპტიკურ ღერძთა დისპერსიის ხასიათი

3. განისაზღვრება ელიფსოიდის მთავარი ღერძების დისპერსიის ხასიათი (ტრიკლინურ სინგონიაში დისპერსიას განიცდის ყველა ღერძი).

ინდიკატრისის წესი. ამრიგად, ყველა ბუნებრივი ნივთიერების ოპტიკური ინდიკატრისა გამოისახება: 1) ან სფეროთი, ან 2) სფეროიდით, ან 3) ელიფსოიდით. ოპტიკური ინდიკატრისის ფორმით და ორიენტაციით განისაზღვრება იმ ნივთიერებათა ოპტიკური თვისებები, რომლებსაც ახასიათებთ ამა თუ იმ ფორმის ინდიკატრისა. ამისთვის საჭიროა დავიმახსოვროთ ინდიკატრისის შემდეგი წესი: თუ კრისტალურ ნივთიერებაში სინათლე ვრცელდება ოპტიკური ინდიკატრისის მიმართ განსაზღვრული მიმართულებით (ეს იქნება ოპტიკური ნორმალის მიმართულება), მაშინ ამ დროს მიღებული ეფექტი განპირობებული იქნება ოპტიკური ინდიკატრისის ცენტრალური კვეთით, რომელიც თავისთავად ოპტიკური ნორმალის მართობია. ამასთან ამ კვეთის სიმეტრიის ღერძები წარმოადგენენ სინათლის რხევის ერთადერთ შესაძლებელ მიმართულებებს, ხოლო ამ ნახევარღერძების რიცხობრივი სიდიდე ტოლია გარდატეხის კოეფიციენტისა ერთი ტალღისთვის (იზოტროპულ ნივთიერებებში) ან ორი ტალღისთვის, რომლებიც ოპტიკური ნორმალის მიმართულებით ვრცელდებიან (და ამრიგად, ამ ნახევარღერძების შებრუნებული სიდიდე გვაძლევს ამ ორი ტალღის გავრცელების სიჩქარეებს).

რხევის მიმართულების განსაზღვრა მოცემულ კვეთში. თუ გავაერთიანებთ და განვაზოგადებთ ყველაფერს, რაც ოპტიკურ ინდიკატრისაზე ითქვა, შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ შემდეგი კანონი: იმისთვის, რომ ჯვარედინ ნიკოლებში მივიღოთ სიბნელე აუცილებელია და საკმარისია, რომ პოლარიზატორის რხევის მიმართულებას დაემთხვეს ოპტიკური ინდიკატრისის იმ კვეთის სიმეტრიის ღერძი, რომელიც სინათლის ტალღის გავრცელების მართობია. სხვანაირად რომ ვთქვათ, სიბნელე + ნიკოლებში შეიძლება მივიღოთ მხოლოდ ერთ შემთხვევაში, რომელიც ზემოთ იყო მითითებული. შებრუნებულად ასე იქნება: თუ + ნიკოლებში ვღებულობთ სიბნელეს, მაშინ პოლარიზატორის მიმართულებას ემთხვევა, აუცილებლად, ინდიკატრისის კვეთის ღერძი და ეს კვეთი ოპტიკური ნორმალის მართობია. ასეთნაირად, ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ინდიკატრისის მოცემულ ელიფსურ კვეთში სიმეტრიის ღერძების მიმართულება. (წრიულ კვეთზე არ ვლაპარაკობთ, ვინაიდან ამ შემთხვევაში ყველა მიმართულება ტოლია და იზოტროპული კვეთის ნებისმიერ განლაგებაში ჯვარედინ ნიკოლებში ის ბნელი იქნება).

ერთერთ ძირითად ამოცანას წარმოადგენს რხევის მიმართულების განსაზღვრა კრისტალური ნივთიერების კვეთში. ამ მიმართულებების განსაზღვრა ხდება საკომპენსაციო ფირფიტების საშუალებით. მხოლოდ ჩვენ ვიხმართ არა Ng, Nm და Np -ს (ინდიკატრისის ღერძებს) არამედ Ng^1, Nm^1 და Np^1 , ვინაიდან გვექნება კრისტალის ნებისმიერი შემთხვევითი კვეთი.

საკომპენსაციო ფირფიტებს შორის გავრცელებულია თაბაშირის ფირფიტა და კვარცის სოლი. პირველი წარმოადგენს თაბაშირის სწორკუთხოვან წაგრძელებულ ფირფიტას, რომლის სისქე ისეთნაირად არის შერჩეული, რომ ჯვარედინ ნიკოლებში მივიღოთ ინტერფერენციის მგრძნობიარე იისფერი. ამ ფირფიტას ორ წაგრძელებულ სწორკუთხოვან მინებს შორის სოჭის წებოთი აწებებენ.

ანალოგიურად ამზადებენ კვარცის სოლსაც, იმ განსხვავებით, რომ აქ კვარცის სწორკუთხოვან წაგრძელებულ, დაახლოებით 50მმ სიგრძის ფირფიტას აქვს სოლისებრი სახე. თხელ ნაწილში კვარცის ფირფიტას აქვს 0.01მმ სისქე, სქელ ნაწილში კი 0.25მმ, ამიტომ კვარცის სოლის ჯვარედინ ნიკოლებს შორის გადაადგილებისას ხდება ინტერფერენციის ფერის თანდათან აწევა.

ტალღების სვლათა სხვაობა განისაზღვრება კრისტალური ნივთიერებების სისქის (d) და მისი ორმაგი გარდატეხის სიდიდის ($Ng - Np$) ნამრავლით, ე.ი. $\Delta = d(Ng - Np)$. თუ ამ ფორმულაში რიცხვით მნიშვნელობებს ჩავსვამთ, მივიღებთ: $\Delta = 0.01 \text{ მმ} \cdot 0.009 = 0.00009 \text{ მმ}$

$\beta\beta=90$, რაც მუქნაცრისფერ ინტერფერენციის ფერს უპასუხებს. სოლის სქელი ნაწილისთვის დაიწერება:

$\Delta = 0.25 \beta\beta \cdot 0.009 = 2250 \beta\beta$, რაც მე-4 რიგის მკრთალ მომწვანო-მოლურჯო ინტერფერენციის ფერს უპასუხებს.

ორივე საკომპენსაციო ფირფიტა დამზადებულია ისეთნაერად, რომ Ng ანუ პლუს (+) ღერძი პარალელურია ფირფიტის მოკლე ღერძის, ხოლო Np ანუ (-) ღერძი კი ფირფიტის გრძელი ღერძის.

იმისთვის, რომ კრისტალურ ფირფიტაში სინათლის რხევის დასახელება გავიგოთ, საჭიროა ჯვარედინ ნიკოლებს შორის მოთავსებული კრისტალური ფირფიტა სიბნელის ანუ ჩაქრობის მდგომარეობაში მოვიყვანოთ. ასეთ შემთხვევაში კრისტალური ნივთიერების სინათლის რხევის ერთ-ერთი მიმართულება (ინდიკატრისის კვეთის სიმეტრიის ერთ-ერთი ღერძი) პოლარიზატორის რხევის მიმართულებას უთავსდება. ამის შემდეგ საჭიროა კრისტალური ფირფიტა სიბნელის მდგომარეობიდან გამოვიყვანოთ, რისთვისაც მიკროსკოპის მაგიდის საშუალებით მას ჯერ საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით 45° -ით ვატრიალებთ. ასეთ მდგომარეობაში, როგორც ვიცით, ვლუბულობთ ყველაზე უფრო ინტენსიურ ინტერფერენციის ფერს, რაც გამოწვეულია იმით, რომ კრისტალურ ფირფიტაში წარმოშობილ Np^1 ტალღამ გაუსწრო Ng^1 ტალღას. ინტერფერენციის ინტენსიური ფერი დაკვირვების ჩატარებას გვიადვილებს. ამის გამო მიკროსკოპის მილში - ტუბუსში - პოლარიზატორის რხევისადმი 45° -იანი კუთხით გაკეთებულია საკომპენსაციო ფირფიტის გასატარებელი ხვრელი.

ვატარებთ ამ ხვრელში საკომპენსაციო ფირფიტას (ნახ.25). Ng^1 ტალღა, რომელიც Np^1 ტალღას კრისტალურ ფირფიტაში გავლის შედეგად Δ სიდიდით ჩამორჩა, გავლის რაკომპენსატორის Ng რხევის მიმართულებით, კიდევ უფრო მეტად Δ მანძილით ჩამორჩება Np^1 ტალღას, რის შედეგადაც მივიღებთ უფრო მაღალ ინტერფერენციის ფერს, ვიდრე ამას ადგილი ჰქონდა კომპენსატორის გატარებამდე.

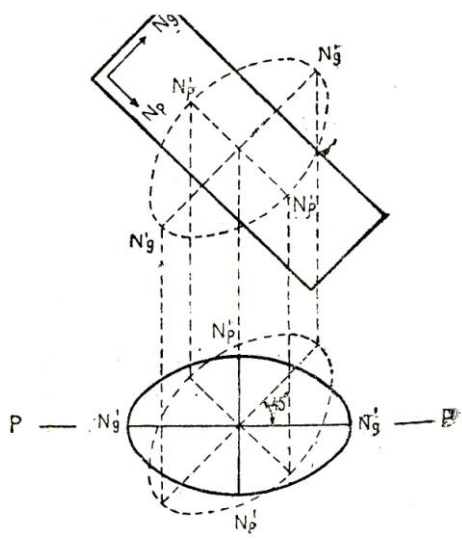
შესწავლილი კრისტალური ფირფიტა, რომ ჩაქრობის მდგომარეობიდან საათის ისრის მიმართულებით 45° -ით მოვატრიალოთ მივიღებთ პირიქით მოვლენას და ინტერფერენციის ფერის დაწევას.

თუ მიკროსკოპის ძაფჯვარედინის ვერტიკალურ მიმართულებასთან Ng^1 ღერძია შეთავსებული (ნახ.26) მივიღებთ წინა შემთხვევის საწინააღმდეგო ეფექტს.

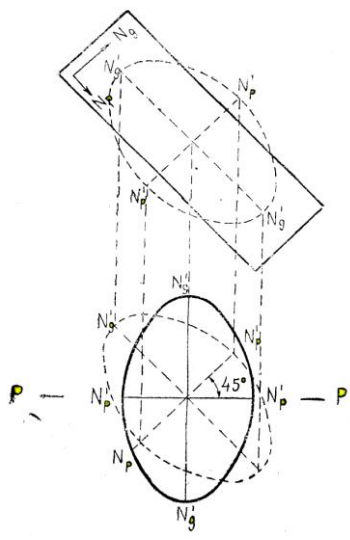
საკომპენსაციო ფირფიტის საშუალებით ხდება, აგრეთვე მინერალის წაგრძელების ნიშნის განსაზღვრა, რომელიც მინერალის დიაგნოსტიკისთვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საშუალებას წარმოადგენს.

წაგრძელების განსაზღვრა, ცხადია, შეიძლება მხოლოდ ისეთ მინერალებში, რომლებსაც ერთმხრივ წაგრძელებული კრისტალოგრაფიული ფორმები ახასიათებთ და შლიფში იძლევიან ცოტად თუ ბევრად წესიერ სწორკუთხედს.

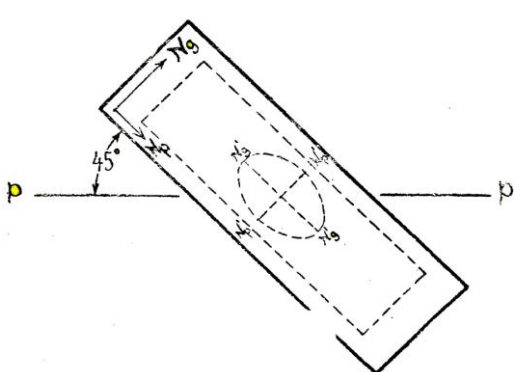
თუ მინერალის წაგრძელების სწვრივად N_g ანუ (+) ღერძი იმყოფება, იგი საკომპენსაციო ფირფიტის N_p რხევის მიმართულებით გაივლის (ნახ.27), რაც გამოიწვევს Δ -ს შემცირებას და ინტერფერენციის ფერის დაწვევას, ხოლო თუ მინერალის წაგრძელებას N_p ანუ (-) ღერძი ემთხვევა, იგი საკომპენსაციო ფირფიტის N_p რხევის მიმართულებით გაივლის (ნახ.28) კიდევ უფრო გაუსწრებს კრისტალურ ფირფიტაში გავლის შედეგად ჩამორჩენილ N_g რხევას, რაც გამოიწვევს სვლათა სხვაობის გაზრდას და სათანადოდ ინტერფერენციის ფერის აწევას.



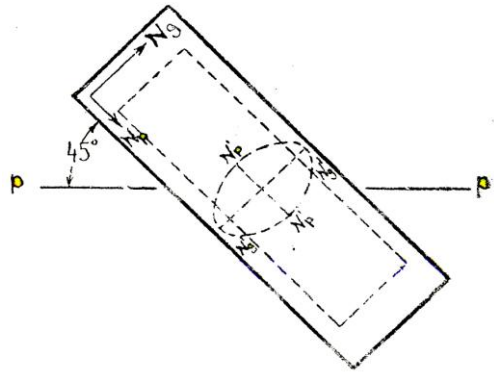
ნახ.. 25



ნახ.. 26



ნახ.. 27



ნახ. 28

სინათლის შთანთქმის მოვლენები (აბსორბცია)

უმთავრეს შემთხვევაში მინერალის შეფერვა გამოწვეულია თეთრი სინათლის ხილული სპექტრის შერჩევითი შთანთქმით. მიღებული ფერი შეესაბამება თეთრი სინათლის სპექტრს მისი შთანთქმული ნაწილის გამოკლებით. როდესაც თეთრი სინათლე, შემდგარი სხვადასხვა სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღებისგან შეაღწევს კრისტალურ ნივთიერებაში, რომელიც გარკვეული სიგრძის ტალღები გაივლის კრისტალში ან აირეკლება, ხოლო სპექტრის დარჩენილი ნაწილი შთანთქმება და გარდაიქმნება სითბურ ენერგიად. აქ საქმე გვაქვს სინათლისა და მინერალის ურთიერთქმედებასთან, მინერალის შთანთქმის უნართან ადამიანის თვალი ამ მოვლენას სხვადასხვანაირად აღიქვამს. როდესაც ნივთიერება ატარებს თითქმის მთელ ხილულ სპექტრს. ის უფერულია ან თეთრი. ეს არის გაწონასწორებული გამოსხივება, როდესაც ხილული სპექტრი თითქმის მთლიანად შთანთქმება მინერალი მუქია, ან თითქმის შავი. შავი ფერი არის აბსოლუტური შთანთქმის მოვლენა. იმ შემთხვევაში, როდესაც ნივთიერება ატარებს სპექტრის ვიწრო ზოლს, ან ასეთ რამდენიმე ზოლს (ხოლო სპექტრის დანარჩენი ნაწილი შთანთქმება) ადამიანის თვალი აღიქვამს რომელიც გარკვეულ ფერს. ეს წონასწორობის დარღვევაა. მაგალითებად შეიძლება მოვიყვანოთ ზურმუხტის მწვანე ფერი, რომელიც შეესაბამება სინათლის გატარებას 5000-დან 5500 Å -მდე ტალღის სიგრძეთა ინტერვალში.

ლალის წითელი ფერი შეესაბამება სპექტრის ორი ზოლის შერევას. მოწითალო-ნარინჯის-ფერისა ($\approx 6000 - 7000 \text{ \AA}$ ტალღის სიგრძეები) და ლურჯის ($\approx 4000 - 4800 \text{ \AA}$) ფარგლებში. აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ სინათლის წყარო: ღლის სინათლეა თუ რაიმე სხვა (ხელოვნური განათება), ასეთ შემთხვევაში ფერი შეიძლება ადამიანის თვალმა სხვანაირად აღიქვას.

ყველა შემთხვევაში მინერალთა შეფერვა დაკავშირებულია რთულ ელექტრომაგნიტურ პროცესებთან. უმრავლეს შემთხვევებში ეს პროცესები ან საჭიროებენ აგზნებას გარედან, მაგალითად, სინათლით დასხივებას, რასაც თან ახლავს ატომებსა და იონებს შორის ელექტრონული ღრუბლის გადანაწილება, ან უკავშირდებიან კრისტალური სტრუქტურის დეფექტებს.

მინერალებს, რომლებსაც მუდმივად აქვთ მათთვის დამახასიათებელი ფერი, გამოწვეული მათი სტრუქტურის ამგები იონების ან იონთა ჯგუფების მიერ სინათლის შთანთქმით ეწოდებათ იდიოქრომატული.

მინერალებს, რომლებსაც არა აქვთ „საკუთარი“ ფერი, არამედ შეფერვა გამოწვეულია სტრუქტურაში მინარევი ელემენტების არსებობით, ან სხვა შეფერილი მინერალების მექანიკური ჩანართებით ეწოდებათ ალოქრომატული. ასეთ მინერალებში ფერი სხვადასხვა ნიშნულში შეიძლება იყოს ცვალებადი. და მაინც, ფერადი ნივთიერებები სხვადასხვანაირად შთანთქავენ სხვადასხვა სიგრძის ტალღებს და ამრიგად, ფერთან დაკავშირებული ყველა მოვლენა წარმოადგენს შთანთქმის მოვლენებს ანუ სინათლის აბსორბციას.

გარდა ამისა, ზოგიერთ მინერალს ახასიათებს მოჩვენებითი შეფერვა, რომელიც გამოწვეულია არა სინათლის შთანთქმით, არამედ ისეთი ოპტიკური მოვლენებით, როგორც არის სინათლის დიფრაქცია, ინტერფერენცია, ან გაბნევა შესაბამისად ორიენტირებულ ჩანართებზე, ასეთ შეფერვას ეწოდება ფსევდოქრომატული.

შთანთქმის მოვლენები იზოტროპულ ნივთიერებებში. ოპტიკურად იზოტროპულ ნივთიერებებში აბსორბციის მოვლენები ემორჩილებიან სფერული ინდიკატრისის კანონებს: ასეთ ნივთიერებებში სინათლე ყველა მიმართულებით ერთნაირად შთაინთქმება ე.ი. იზოტროპულ ნივთიერებებში არანაირი ცვლილება არც შეფერვაში, არც მის ინტენსივობაში არ აღინიშნება და არ არის დამოკიდებული მიმართულებაზე. ასეთი ნივთიერებების დასახასიათებლად შეფერვის თვალსაზრისით საკმარისია მოვიყვანოთ მხოლოდ ერთი ფერი, რომელიც დამოკიდებული იქნება ამ ნივთიერების ფირფიტის სისქეზე. შედარებით გავრცელებული იზოტროპული ქანმაშენი მინერალებიდან ყოველთვის გაუმჭვირვალე და შავია მაგნეტიტი, ტიტანო-მაგნეტიტი და პირიტი. ნორმალური სისქის შლიფებში აშკარად შეფერილია გარნატები (ვარდისფერი, მოწითალო ან მოყავისფრო), შპინელი (ნაცრისფერ-მწვანე, მურა ფერის), იისფრად შეფერილია ფლუორიტი და ზოგჯერ შეიძლება შევამჩნიოთ ქრომიტის მურა-წითელი ფერი.

პლეოქროიზმის მოვლენა ანიზოტროპულ ნივთიერებებში. ანიზოტროპულ ნივთიერებებში აბსორბციული მოვლენები ემორჩილება, როგორც სინათლის სხვა მოვლენების, სფეროიდის ან ელიფსოიდის ფორმის ოპტიკური ინდიკატრისის კანონებს. მიმართულების შეცვლასთან ერთად იცვლება ფერი ანუ შთანთქმის უნარი. ფერის ასეთ ცვლილებას ანიზოტროპულ ნივთიერებებში, რომელიც მიმართულებაზე დამოკიდებული ეწოდება პლეოქროიზმი.

ამ მოვლენაზე დაკვირვება ხდება მხოლოდ პოლარიზებულ სინათლეში. (ბუნებრივი სინათლეში პლეოქროიზმზე დაკვირვება შეიძლება მხოლოდ კრისტალების ზდაპირზე, რასაც წახნაგის პლეოქროიზმი ეწოდება. ადამიანის თვალი ვერ არჩევს რამდენიმე ფერს ერთდროულად და აღიქვავს ერთ ჯამურ შეფერვად კრისტალის წახნაგიდან), ამიტომ ანალიზატორი გამორთულია და ვსარგებლობთ მხოლოდ პოლარიზატორიდან გამოსული სინათლით, რომელიც შემდეგ კრისტალურ ნივთიერებაში გაივლის და ასე მოხდება დაკვირვების თვალში. ასეთ

დაკვირვებებს ეწოდება კვლევა გამავალ სინათლეში. არამკვეთრი პლექროზმის განსაზღვრისთვის ხმარობენ მიკრო-დიქრო-სკოპებს. პრინციპი ასეთია: ორი არამკვეთრად გამოხატული ფერი მოჰყავთ ისეთ მდგომარეობაში, რომ იყვნენ ერთმანეთის გვერდით განლაგებული და ასეთ მდგომარეობაში ადვილი დასაჭერია განსხვავება მათ შორის. გარდა ამისა პლექროზმის დახასიათებისთვის იყენებენ სპექტროფოტომეტრებს, მაგრამ მათი გამოყენება ხდება მხოლოდ სპეციალური მიზნებისთვის.

პლექროზმი ერთლერძიან კრისტალებში. ერთლერძიან კრისტალებში პლექროზმის მოკლენა გამოიხატება ერთლერძიანი ელიფსოიდით. მაქსიმალური განსხვავება სინათლის შთანთქმაში ე.ი. ფერებში, დაკვირვება ღერძების N_g -ს ან N_p -ს მიმართულებით და წრიული კვეთის N_m რადიუსის მიმართულებით. ყველა სხვა მიმართულებით ფერი იქნება შუალედი (გარდამავალი) ორ ძირითად მიმართულებას შორის. ამიტომ ტრიგონული, ტეტრაგონული და ჰექსაგონური სინგონიების კრისტალებს ზოგჯერ უწოდებენ დიქროულებს ანუ ორფეროვანს. ერთლერძიანი კრიტსალების დასახასიათებლად აუცილებელია მიუთითოთ ფერები ამ ორი მიმართულებით, რაზედაც დაკვირვება შეიძლება მხოლოდ ოპტიკური ინდიკატრის მთავარ კვეთში. ასეთი კვეთის შემთხვევაში პოლარიზატორის მიმართულებას შეუთავსებთ მთავარი კვეთის ჯერ ერთ ღერძს, რისთვისაც კრისტალის ფირფიტა უნდა შემოვარუნოთ ჯვარედინ ნიკოლებში სიბნელის მომენტამდე. შემდეგ გამოვრთავთ ანალიზატორს და დავაფიქსირებთ მინერალის ფერს. ანალიზატორს აღარ ჩავრთავთ და მოვარუნებთ ფირფიტას 90° -ით, ვნახავთ რომ ფერი შეიცვლება თანდათანობით და ამ მდგომარეობაშიც დავაფიქსირებთ ფერს. გარდა ამისა, უნდა აღვნიშნოთ ორივე ფერის შემთხვევაში ღერძების დასახელება, რომლებსაც შეესაბამებიან დაფიქსირებული ფერები (N_g ან N_m , თუ N_m ან N_p), მაგალითად, იდიოქრომატული ტურმალინისთვის მივიღებთ შემდეგ დახასიათებას პლექროზმის მიმართ.

N_m – მიმართულებით – მოყვითალო-მურა

N_p – მიმართულებით – ზეთისხილისებური-მწვანე

ან

N_m – მიმართულებით – ბაცი მწვანე

N_p – მიმართულებით – ძალიან ღია მწვანე

ან

N_m – მიმართულებით – ლურჯი

N_p – მიმართულებით – ვარდისფერი (მოწითალო-მურა) და ა.შ.

ამასთან, ტურმალინისთვის ძალიან დამახასიათებელია ლურჯი ფერი N_m -ის მიმართ, შემდეგ - ერთიდაიგივე მარცვალში ზემოთხსენებული სხვადასხვა ფერების არსებობა (N_m -ის

მიმართ მარცვლის სხვადასხვა ნაწილში სამი ფერი და Np -ს მიმართაც სამი ფერი შესაბამისად). და ბოლოს, ტურმალინის პლექროიზმისთვის დამახასიათებელია Nm -ის მიმართ უფრო მუქი შეფერვა, ვიდრე Np -ს მიმართ. ამას აღნიშნავენ აბსორბციის სქემით, რომელიც ტურმალინისთვის არის ასეთი: $Nm > Np$. ალოქრომატული აპატივისთვის (ზოგჯერ ეფუზიურ ქანებში აპატიტი შეფერილია) გვექნება:

Np -ს მიმართ – ვარდისფერ-მურა, Nm -ის მიმართ ძალიან ღია ვარდისფერ მურა

ან

Np -ს მიმართ – იისფერი ან მოლურჯო, Nm -ის მიმართ – თითქმის უფერული მოვარდისფრო.

აქ აბსორბციის სქემა შებრუნებულია $Np > Nm$, მთავარ კვეთსა და წრიულ კვეთს შორის, შუალედ კვეთებში, პლექროიზმის სიმკვეთრე იზოტროპულ კვეთთან მიახლოებასთან დაკავშირებით მცირდება და წრიულ კვეთში, თავისთავად ცხადია, პლექროიზმი არ გვექნება.

ორღერძიანი კრისტალების პლექროიზმი. ასეთი კრისტალების აბსორბციის მოვლენები, რასაკვირველია დამოკიდებულია ოროპტიკურ ღერძიან ინდიკატრისაზე. რომელი სინგონიის კრისტალებში შთანთქმის ელიფსოიდის ღერძები ემთხვევა ოპტიკური ინდიკატრისის Ng , Nm და Np ღერძებს. მონოკლინურ სინგონიაში შთანთქმის ელიფსოიდის მხოლოდ ერთი ღერძი ემთხვევა ოპტიკური ინდიკატრისას ღერძს, კერძოდ იმ ღერძს, რომელიც ემთხვევა კრისტალის მეორე რივის ღერძს. ტრიკლინურ სინგონიაში კი შთანთქმის ელიფსოიდის არცერთი ღერძი ოპტიკური ინდიკატრისის ღერძებს არ ემთხვევა და გასაგებია, რომ მათ შორის იქმნება რაღაც კუთხეები. მიუხედავად ამისა ორღერძიანი კრისტალების დასახასიათებლად პრაქტიკულად საკმარისია ფერების აღნიშვნა ინდიკატრისის Ng , Np და Nm ღერძების მიმართ. ამისთვის საჭიროა ისეთი კვეთის პოვნა, სადაც აღნიშნული ღერძებია განლაგებული. ჩვეულებრივ, მიკროსკოპზე მუშაობისას საჭიროა ერთი და იგივე კრისტალის ისეთი ორი მარცვლის შერჩევა, რომ ერთ მათგანში იყოს რომელიმე ორი ღერძი, მეორეში კი პირველ მარცვალში უკვე განსაზღვრული ერთერთი ღერძი და მესამე ღერძი. თითოეულ ამ ღერძთაგანს სათანადო წესით ვუთავსებთ პოლარიზატორის რხევის მიმართულებას და აღნიშნავთ ფერს. ცხადია, ორღერძიანი კრისტალებისთვის გვაქვს სამი დამახასიათებელი ფერი, რის გამოც ზოგჯერ მათ უწოდებენ ტრიქროულს.

ილიოქრომატული რქატყუარებისთვის მათი პლექროიზმის დასახასიათებლად გვექნება სქემა:

*Ng**Nm**Np*

მოლურჯო-მომწვანო ან მურა მოყვითალო-მომწვანო ან მურა ჩალისფერ-ყვითელი ძალიან (უფრო ღია, ვიდრე *Ng* -ს ღია მურა ფერის მიმართ)

ამ რქატყუარებისთვის აბსორბციის სქემა იქნება $Ng > Nm > Np$ გლაუკოფანისთვის ასეთივე აბსორბციის სქემით გვაქვს:

Ng -ს მიმართ - ლურჯი

Nm -ს მიმართ - მოწითალო ან მოლურჯო-მოიისფრო

Np -ს მიმართ - თითქმის უფერული, მოყვითალო ან მომწვანო

ტუტე არფედსონიტ-რიბეკიტის ჯგუფის რქატყუარებისთვის და ტუტე პიროქსენებისთვის დამახასიათებელია შებრუნებული აბსორბციის სქემა – $Np > Nm > Ng$. იმ მინერალებისთვის, რომლებიც ძალიან უმნიშვნელოდ განსხვავდებიან თავისი ოპტიკური თვისებებით ერთლერძიანებისგან, როგორც, მაგალითად, ბიოტიტები, ფერი ინდიკატრისის იმ ორი ღერძის მიმართ, რომლებიც თავისი სიდიდით თითქმის არ განსხვავდებიან, ასევე სრულიად არ განსხვავდება.

Ng და *Nm* მიმართულებით

Np -ს მიმართულებით

მუქი მურა ფერის შავამდე (მთლიან აბსორბციამდე) ან მუქი მწვანე მურა ფერის იერით

ძალიან ღია მოყვითალო, ან მურა ფერის ან ძალიან ღია მომწვანო

ორივე შემთხვევაში აბსორბციის სქემა იქნება $Ng = Nm > Np$ ცხადია, ორლერძიანი მინერალების წრიულ კვეთებში მიმართულებასთან დამოკიდებულებაში შეფერვის არავითარი ცვლილება არ გვექნება.

პლეოქროული არეები. ზოგიერთ მინერალში პლეოქროიზმი გამოხატულია მცირე ზომის ლაქების სახით უფრო ძლიერ, ვიდრე მთელ მარცვალში (ბიოტიტი, ტურმალინი), ზგჯერ კი ასეთი პლეოქროული ლაქები გვაქვს ისეთ მინერალებში, რომლებსაც საერთოდ არ ახასიათებთ პლეოქროიზმი (კორდიერიტი). ეს მოვლენა დაკავშირებულია მინერალში უცხო ჩანარებთან და ეწოდებათ პლეოქროული არე ან პლეოქროული ეზო ხშირად ხმარობენ პლეოქროულ გარსს. განსაკუთრებით ხშირად გვხვდება ასეთი მოვლენა ბიოტიტებში, სადაც პლეოქროიზმი თითქმის სრულ აბსორბციამდე მიდის (ცირკონის ჩანართის გარშემო იქმნება შავი პლეოქროული არე). არაპლეოქროული მინერალებისთვის ეს მოვლენა განსაკუთრებით დამახასიათებელია კორდიერიტიში, სადაც ჩანარების გარშემო (ცირკონი, დიუმორტიერიტი) არე იცვლება ლიმონისფერი ყვითლიდან-უფერულამდე. მინერალები, რომლებიც წარმოქმნიან პლეოქროულ

არეებს არიან: ცირკონი, ეპიდოტი (ორთიტი, ალანიტი), მონაციტი და სხვა მინერალები, რომლებიც შეიცავენ იშვიათი მიწების ელემენტებს, კერძოდ, ცირკონი ურანის შემცველი მინერალია.

ფსევდოქროიზმი. (ფსევდო-სიცრუე). ფსევდოქროიზმი ანუ ცრუ შეფერვის მოვლენა ზოგჯერ ახასიათებთ სრულიად უფერულ მინდვრის შპატებს, რომლებიც გამავალ სინათლეში ზოგჯერ არიან მურა ფერის და პრეპარატის შემობრუნების დროს შეფერვის ინტენსივობა იცვლება. ეს ფსევდოქროიზმია. ეს შეფერვა არ არის მინერალის შერევა, არამედ გამოწვეულია გარდატეხისა და დისპერსიის მოვლენებით სინათლის გავლის დროს მინდვრის შპატებში. ასევე აიხსნება სოსურიტიზირებული პლაგიოკლაზების მურა ფერი გამავალ სინათლეში. სოსურიტის ნივთიერება შედგება სხვადასხვა მინერალების უაღრესად წმინდაკრისტალური ნარევისგან. ესენია: ეპიდოტ-ციოზიტის ჯგუფის მინერალები, ალბიტი, ზოგჯერ კალციტი და სერიციტი. არც ერთ ამ მინერალს არ ახასიათებს გამავალ სინათლეში მურა ფერი ე.ი. აქაც ცრუ შეფერვასთან გვაქვს საქმე. ზოგჯერ კალციტიც ამჟღავნებს ამ თვისებას.

ფსევდოაბსორბცია. ეს მოვლენაც გარდატეხის მოვლენებით აიხსნება. მიკროსკოპის მაგიდის შემობრუნების დროს გამავალ სინათლეში მინერალის ერთიდაიგივე მარცვალი წარმოგვიდგება ხან სრულიად უფერული გლუვი ზედაპირით და ურელიეფო, ხან მონაცრისფრო (ან ღია, ან მუქი) ხორკლიანი ზედაპირით და მკვეთრი რელიეფით. უნდა აღინიშნოს, რომ ფსევდოაბსორბცია განპირობებულია: 1) მინერალის მკვეთრი ანიზოტორპულობით. იზოტორპულ სხეულებში ამ მოვლენას არ შეიძლება ჰქონდეს ადგილი, ხოლო ანიზოტორპულ მინერალებში იგი სრულიად აშკარად მჟღავნდება იმ შემთხვევაში, თუ საკვლევ კვეთში გარდატეხის კოეფიციენტებს შორის მკვეთრი განსხვავებაა; 2) შეფარდებით მინერალის გარდატეხის კოეფიციენტებსა და კანადის ბალზამის გარდატეხას შორის; 3) შლიფის დამზადების მეთოდით; 4) მინერალის აგრეგატული აგებულებით.

პოლარიზაციული მიკროსკოპი

მიკროსკოპი შედგება 3 ნაწილისაგან: 1) შტატივი; 2) მიკროსკოპის მაგიდა და 3) ტუბუსი. მაგიდა ბრუნავს თავის საკუთარ სიბრტყეში. მისი ბრუნვის ღერძი ემთხვევა ტუბუსში მოთავსებულ ლინზათა სისტემის საერთო ოპტიკურ ღერძს და როდესაც მიკროსკოპი მოყვანილია ნორმალურ სამუშაო მდგომარეობაში, ეს ორივე ღერძი მიკროსკოპის ოპტიკურ ღერძს ქმნის.

მაგიდის ქვეშ მოთავსებულია გამანათებელი ხელსაწყო – სარკე, რომელიც ორმხრივია და მოძრავი. ერთ მხარეს მოთავსებულია ბრტყელი სარკე, რომელიც გამოიყენება პარალელური სინათლის მისაღებად შორს მანძილზე მოთავსებული სინათლის წყაროდან. მეორე მხარეს სარკე ჩაზნექილია, შემკრები ზედაპირია და მისი საშუალებით მივიღებთ კარგ განათებას. მაგიდის ქვეშ მოთავსებულია, აგრეთვე, პოლარიზატორი. რას წარმოადგენს მიკროსკოპის ეს ნაწილი ამის შესახებ ჩვენ ზემოთ დეტალურად ვილაპარაკეთ. პოლარიზატორი ჩასმულია მრგვალ ცილინდრულ ჩარჩოში, რომელიც შავად არის შეღებილი. იმისთვის, რომ პოლარიზატორი ანალიზატორის მიმართ + მდგომარეობაში მოვიყვანოთ, პოლარიზატორის ჩარჩოზე გაკეთებული ნაჭდევი უნდა შევუთავსოთ ნულოვან მაჩვენებელს. ამ მდგომარეობაში მიიღწევა მაქსიმალური ჩაბნელება. ქვედა მხრიდან პოლარიზატორი დაცულია მინით, რომელიც მის ჩარჩოშია ჩახრახნილი. ხოლო ზედა ნაწილში გვაქვს გრძელფოკუსიანი შემკრები ლინზა-კოლექტორი, რომელიც ჩახრახნილია პოლარიზატორის მილში. კოლექტორი გამოიყენება იმისთვის, რომ საკვლევი ობიექტისკენ მივმართოთ პოლარიზატორიდან გამოსული სინათლის, რაც შეიძლება, მეტი რაოდენობა. რაც უფრო ახლოს არის კოლექტორი მაგიდასთან ე.ი. აწეულია ზევით, მით მეტია განათება და, რაც უფრო ქვევით იქნება დაწეული – განათება ნაკლები იქნება.

პოლარიზატორის თავზე მოთავსებულია დიაფრაგმა, რომელიც არეგულირებს განათებას. დიაფრაგმა ფირფიტებით არის აგებული და პატარა სახელურის მოძრაობით ხვრელი შეიძლება გავაფართოვოთ ან შევამციროთ. ასეთი დიაფრაგმები შეიძლება იყოს მოთავსებული ობიექტივში ან ოკულარში. არსებობს დიაფრაგმა, რომელიც წარმოადგენს ფირფიტას ძალიან მცირე ზომის ცენტრალური ხვრელით. კონუსურ სინათლეში ინტერფერენციული ფიგურის დაკვირვების დროს მიკროსკოპის ტუბუსიდან ამოიღებენ ოკულარს და ზემოდან დიაფრაგმას დაადებენ. პატარა ცენტრალური ხვრელიდან ინტერფერენციული ფიგურა უფრო ნათლად და მკვეთრად ჩანს.

მიკროსკოპში კვლევას ვაწარმოებთ პარალელურ სინათლეში. ამას ორთოსკოპული კვლევა ეწოდება და თვითონ მიკროსკოპი წარმოადგენს ორთოსკოპს იმისთვის, რომ გადავიდეთ კონოსკოპზე, ანუ შევქმნათ კონუსური სინათლე. მიკროსკოპს აქვს ლაზოს ლინზა – ეს შემკრები ცალმხრივ ამოზნექილი ლინზაა, აქვს სახელური და ვათავსებთ მას პოლარიზატორის თავზე, ობიექტისკენ მივმართავთ და იგი მოკლეფოკუსიან ობიექტივთან ერთად ქმნის კონუსურ სინათლეს.

მიკროსკოპის მაგიდა ანუ სასაგნე მაგიდა თავისუფლად ბრუნავს ხელით თავისივე სიბრტყეში, რომელიც მიკროსკოპის ოპტიკური ღერძის მართობია. მაგიდა დაყოფილია 360°-ად და გვერდებზე აქვს ნონიუსები დაცილებული ერთმანეთისაგან 45°-ით. შეიძლება მაგიდის გაჩერებაც და სახელურის საშუალებით საჭირო მდგომარეობაში დახრა.

ტუბუსის ქვედა ნაწილში მოთავსებულია ობიექტივი, რომელიც წარმოადგენს ლინზათა სისტემას და მიკროსკოპის გამადიდებელი ნაწილია. მიკროსკოპს ახლავს რამდენიმე გადიდების ობიექტივი: 8^{\times} , 20^{\times} , 40^{\times} , 60^{\times} .

მიკროსკოპის პოლარიზაციული აპარატი შედგება, როგორც ყოველთვის, ანალიზატორისა და პოლარიზატორისაგან. პირველი მდებარეობს ტუბუსში ობიექტივის თავზე და მისი გამორთვა შეიძლება (თუ გვჭირდება გამავალი სინათლე). ზოგჯერ ანალიზატორს აქვს სახელური, რომლის საშუალებითაც შეიძლება ნიკოლის პრიზმის შემობრუნება ანალიზატორის გამორთვის გარეშე. ანალიზატორის რხევის მიმართულება ამ დროს შეგვიძლია დავაყენოთ პოლარიზატორის პარალელურად და ადვილად გადავალთ + მდგომარეობიდან პარალელურში. რას წარმოადგენს სისტემა პოლარიზატორი – ანალიზატორი, ამის შესახებ ზემოთ უკვე იყო ნათქვამი.

ტუბუსში ობიექტივის თავზე არის ხვრელი, რომელშიც იდგმება საკომპენსაციო ფირფიტები. მიკროსკოპის ღერძის მიმართ ეს ხვრელი განლაგებულია 45° -ზე. რას ვსწავლობთ საკომპენსაციო ფირფიტების დახმარებით, ამაზე ზემოთ ვილაპარაკეთ.

ობიექტივის ზემოთ ტუბუსში ბერტრანის ლინზაა. ეს დამხმარე ლინზაა ოკულარისთვის. მისი საშუალებით უკეთესად შეიძლება დაკვირვება ინტერფერენციულ ფიგურაზე კონუსურ სინათლეში.

ტუბუსის ზედა ნაწილში მოთავსებულია ოკულარი („ოკულუს“ – თვალი). იგი, ობიექტივის მსგავსად, ლინზათა სისტემაა და მიკროსკოპის გამადიდებელი ნაწილია. მიკროსკოპს ახლავს სხვადასხვა გადიდების რამდენიმე ობიექტივი: 5^{\times} , 6^{\times} , 8^{\times} , $12,5^{\times}$, 17^{\times} . ობიექტივში დაჭიმულია ორი ურთიერთმართობი წვრილი ძაფი ე.წ. ოკულარის ჯვარი, რომლებიც მიგვითითებენ ანალიზატორისა და პოლარიზატორის რხევის მიმართულებებს.

მიკროსკოპის შემოწმება და რეგულირება

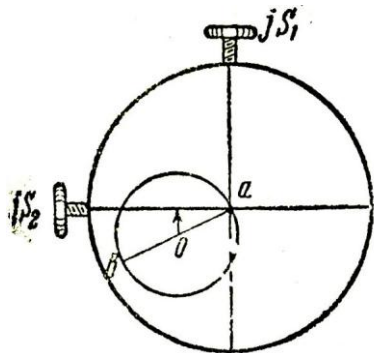
მიკროსკოპში შესასწავლი პრეპარატები

ერთი აუცილებელი პირობა მიკროსკოპზე მუშაობის დაწყების წინ არის ის, რომ მიკროსკოპი ყველანაირად უნდა შემოწმდეს და მკვლევარმა უნდა იცოდეს თავისი მიკროსკოპის ცდომილებები.

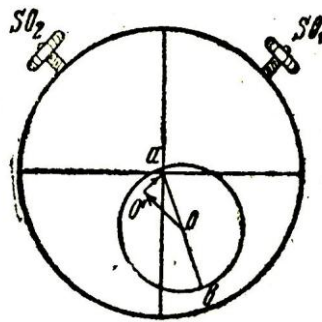
მიკროსკოპზე მუშაობის დროს აუცილებელია, ორივე თვალი გვქონდეს ღია. თუ ასე არ მოვიქცევით, იღლება და გვტკივა ის თვალი, რომელსაც ვხუჭავთ და ასე შეიძლება, გავიფიქვით მხედველობა. თუ თავიდანვე ამას ვერ ვახერხებთ, იმ თვალზე, რომლითაც არ ვიყურებით მიკროსკოპში, უნდა ავიფაროთ ხელი და თვალი გავალოთ. უნდა მივეჩვიოთ მიკროსკოპში ყურებას ხან ერთი, ხან მეორე თვალით.

ოპტიკურ წუნში მთავარია ხოლმე ობიექტივის საკითხი, ხშირად ჯვარედინ ნიკოლებში არ გვაქვს სრული სიბნელე, ეს ობიექტივის ბრალია და იგი უნდა გამოიცივლოს ან შესწორდეს. ობიექტივის შემოწმება ხდება იმის გამო, რომ სწორედ ის არის მოთავსებული ანალიზატორსა და პოლარიზატორს შორის.

მიკროსკოპის დაცენტრირა (ცენტრირება). სამუშაო რომ კარგად ჩატარდეს, განსაკუთრებით, დიდი გადიდების დროს, აუცილებელია მიკროსკოპი იყოს დაცენტრირილი ე.ი. ტუბუსის ოპტიკური ღერძი ემთხვეოდეს მაგიდის ცენტრს. ამისთვის მიკროსკოპის კონსტრუქციაში არის იუსტირების ხრახნები ან ობიექტივის ხრახნები, რომლებიც საჭიროების დროს უნდა გავუკეთოთ ობიექტივს. დაცენტრირა ხდება შემდეგნაირად: ანალიზატორს გამოვრთავთ, შლიფს დავდებთ მაგიდაზე და ტუბუსის მოძრაობით მიკროსკოპს მოვიყვანთ ფოკუსში. ავირჩევთ შლიფში პატარა წერტილს და დავაყენებთ მას ოკულარის ძაფჯვარედინის ცენტრში. თუ მიკროსკოპი არ არის დაცენტრირილი, მაგიდის შემობრუნების დროს ეს წერტილი გამოვა ცენტრიდან და, თუ მაგიდა შემოვაბრუნეთ 360° -ზე, შემოწერს ან დიდ ან პატარა წრეს (გააჩნია დეცენტრირების ხარისხს) და დაბრუნდება ცენტრში (ნახ. 29ა,ბ).



ნახ. 29ა



ნახ. 29ბ

ამ წრეხაზის 0 ცენტრი იქნება მაგიდის ბრუნვის ცენტრი. ჩვენ ეს ცენტრი უნდა დავამთხვიოთ ოკულარის ცენტრს. ამისთვის მაგიდა უნდა შემოვაბრუნოთ 180° -ით. წერტილი a გადაინაცვლებს თავისი დიამეტრის საწინააღმდეგო მხარეს ბ წერტილში. ბრუნვის ცენტრი 0 იქნება შუაში a და b-ს შორის. დავიმასხვოვრებთ ამ შუა წერტილს და ჯერ ხელით შლიფს ვამოძრავებთ ისე, რომ ჩვენი წერტილი დავამთხვიოთ შუა წერტილს 0-ს. შემდეგ, ხრახნების მოძრაობით მიგვყავს ისევ a წერტილში. თუ შუა წერტილი 0 ზუსტად გავითვალისწინეთ, ჩვენ უკვე მივიღებთ სასურველ შედეგს. ჩვეულებრივად კი წერტილი ისევ შემოწერს წრეს, მხოლოდ უფრო პატარა დიამეტრით. ჩვენ იგივეს გავიმეორებთ მანამ, სანამ წერტილი მაგიდის შემობრუნების დროს არ დარჩება უცვლელად ოკულარის ცენტრში. ხოლო, თუ ხდება ისე, რომ წერტილი გახტება სხვადასხვა მხარეს, ამის გასწორება შეიძლება მხოლოდ ქარხანაში მაგიდის

შესწორებით. ობიექტივის შეცვლის დროს, განსაკუთრებით, მაშინ, როდესაც პატარა გადილებიდან დიდ გადილებაზე გადავდივართ, საჭირო ხდება თავიდან დაცენტრება.

გარდა ამისა, მიკროსკოპის ნორმალური მუშაობისთვის საჭიროა ნიკოლების დაყენება ჯვარედინ მდგომარეობაში და მისი შემოწმება, ოკულარის ჯვრის იუსტირება, იმ რხევების მიმართულებით განსაზღვრა, რომელსაც ატარებს თითოეული ნიკოლი.

დაფჯვარედინის იუსტირება ხდება ერთლერძიანი კრისტალის საშუალებით, ჩაქრობაზე დაკვირვებით, რომბული მინერალების საშუალებით, დაბოლოს, ნებისმიერი მინერალის საშუალებით. საინტერესოა ბიოტიტის გამოყენება, მხოლოდ უნდა შეირჩეს ისეთი კვეთი, სადაც კარგად ჩანს ტექნიკალობა სწორი და პარალელური ხაზების სახით. ბიოტიტი უნდა აირჩეს გრანიტიდან, სიენიტიდან ან დიორიტიდან, ვინაიდან ტუტე ქანებში ბიოტიტს ხშირად აქვს ირიბი ჩაქრობა, რომელიც რამდენიმე გრადუსს აღწევს ხოლმე.

უნდა ითქვას, რომ, თუ არ არის რაიმე განსაკუთრებული მიზნები, ძაფების ზუსტი იუსტირება აუცილებელი არ არის. ეს იძლევა დიდ ცდომილებას.

შლიფი და მისი დამზადება

მინერალებისა და ქანების პეტროგრაფიული შესწავლა მიკროსკოპში შლიფების (თლილის) საშუალებით ხდება.

შლიფი რთული პრეპარატია და სამი ნაწილისაგან შედგება: 1) ქანის ან მინერალის ძალიან თხელი ფირფიტა, სისქით – 0,02-0,03-0,04 მმ.

2) სასაგნე მინა – სისქე ≈ 1 მმ და 3) საფარი მინა, რომელიც ძალიან თხელია. მისი სისქე $\approx 0,1 - 0,15$ მმ. ეს სამი ნაწილი ერთმანეთთან კანადის ბალზამითაა დაკავშირებული. შლიფი შემდეგნაირად კეთდება: ქანის ან მინერალის პატარა ნატეხს სპეციალურ დაზგაზე შლიფავენ სწორი ზედაპირის მიღებამდე. ამ ზედაპირით კანადის ბალზამით მიაკრავენ სასაგნე მინაზე, შემდეგ უკავიათ ხელით ამ მინის საშუალებით და შლიფავენ მეორე არასწორ ზედაპირს. როდესაც მას დაიყვანენ სასურველ სისქემდე, ისევ კანადის ბალზამის მეშვეობით დააკრავენ საფარ მინას. ორივე შემთხვევაში დაწებების წინ ნატეხი კარგად უნდა გაირეცხოს გამდინარე წყალში.

გაშლიფვა ხდება ჯერ უხეში, ხოლო შემდეგ წვრილი ზუმფარის ფხენილით. შედეგად ვლუბულობთ საკმაოდ უხეშ ზედაპირს, რომელიც შედგება ჩაღრმავებული და ამობურცული ადგილებისგან, სხვადასხვა ზომის ღარებისგან და გაშლიფვის დროს გაჩენილი ნაპრალებისგან. ასეთი ადგილები ამოვსებულია კანადის ბალზამით, რაც აადვილებს ქანში შემავალი

მინერალების შეფარდებითი გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრას. შედარება ხდება, რა თქმა უნდა, კანადის ბალზამთან, რომლის გარდატეხის მაჩვენებელი $n_{კ.ბ.}=1,537$.

შლიფები სხვადასხვა სტანდარტის არსებობს: გერმანული – სასაგნე მინა 28X48 მმ-ია, საფარი – 21X24 მმ, ინგლისური და ამერიკული – 26X76 მმ. სამუშაოდ პირველი უფრო მოსახერხებელია.

შლიფები საფარი მინის გარეშე იხმარება განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, როდესაც აკვირდებიან ტკეჩვადობას, თუ ეს მნიშვნელოვანია. ჩვეულებრივ შლიფში თუ კანადის ბალზამისა და მინერალის გარდატეხის მაჩვენებელი ახლოს არის ერთმანეთთან, ტკეჩვადობის ნაპრალები ცუდად ჩანს. ასეა ხოლმე მინდვრის შპატებში, მაშინ ხმარობენ შლიფებს საფარი მინის გარეშე. ამ დროს შლიფის ზედაპირს შეხება აქვს ჰაერთან ($n=1.00$). ცხადია, ფორები, ნაპრალები, უსწორმასწორო ადგილები ამოვსებულია ჰაერთი და ასეთ შემთხვევაში ტკეჩვადობის ნაპრალები უკეთესად ჩანს.

შლიფის დამზადება ფხვიერი მასალისგან რთულია და იყენებენ სხვადასხვა მასალას: 1) კანადის ბალზამს ($n=1,537$); 2) ბაკელიტს ($n=1,60 - 1,640$); 3) მეთილენკეტონს ($n=1,519 - 1,520$).

გარდატეხის მაჩვენებლის გაზომვა მიკროსკოპში

გარდატეხის მაჩვენებლის შეფარდებითი სიდიდის განსაზღვრა მიკროსკოპის ქვეშ წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საშუალებას მინერალების დიაგნოსტიკისთვის, განსაკუთრებით – უფერული მინერალებისთვის. საკმარისია, აღვნიშნოთ, რომ ისეთი მთავარი ქანმაშენი მინერალები, როგორებიც არიან ორთოკლაზი და ოლიგოკლაზი, მიკროსკოპში ერთმანეთისგან არ განირჩევიან, თუ არ განვსაზღვრეთ მათი გარდატეხის მაჩვენებლები კანადის ბალზამთან შეფარდებით. ზოგჯერ შეფარდებითი გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა წარმოადგენს კონტროლს უფრო ზუსტი გაზომვების დროს.

საზღვრები: თუ ორი ერთნაირად შეფერილი ან ორივე უფერული მინერალი ერთმანეთის გვერდით არის, ან ერთი ჩართულია მეორეში, მათი კონტურების (საზღვრების) გარჩევა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მათ შორის გარდატეხის მაჩვენებლებში განსხვავებაა. ეს ხდება იმიტომ, რომ, თუ განსხვავება არც ფერშია, არც გარდატეხაში, მაშინ სინათლის ტალღამ ერთნაირი გარდატეხის მქონე არეებში გავლისას არანაირი ცვლილება არ უნდა განიცადოს: ამ შემთხვევაში, არ მოხდება არც დიფრაქციის მოვლენა, არც გარდატეხისა და არეკვლის მოვლენები, ვინაიდან სწორედ ისინი განაპირობებენ ნივთიერებათა ხედვას.

რასაკვირველია, დეტალურად შეიძლება აიხსნას დიფრაქციის, გარდატეხისა და არეკვლის მოვლენების გავლენა მინერალთა შორის საზღვრების ხასიათზე, რასაც აქ არ ვაკეთებთ, მხოლოდ გვაინტერესებს დასკვნა: შლიფებში ორ სხვადასხვა გარდატეხის მქონე ნივთიერებას შორის საზღვრის გაჩენა ე.ი. კონტურის გამოკვეთა აიხსნება, ერთის მხრივ, დიფრაქციის მოვლენებით, ხოლო უმთავრესად, გარდატეხით და არეკვლით, რომლებიც წარმოიქმნებიან მათ კონტაქტში. გარდატეხის ერთნაირი მნიშვნელობის დროს ეს მოვლენები არ ხდება და საზღვარი ორ ერთნაირად შეფერილ ან უფერულ მინერალს შორის არ განიჩევა. რაც უფრო დიდია განსხვავება გარდატეხის კოეფიციენტებში ამ ორ ნივთიერებას შორის, მით უფრო მკვეთრად გამოიჩევა საზღვარი მათ შორის.

გამოუცდელი თვალი დასაწყისში ვერ არჩევს საზღვარს კანადის ბალზამსა ($n=1,537\pm 0,004$) და კვარცს შორის ($n=1,544-1,553$) უფერული მინერალების ჩანართები (სერიციტის, მუსკოვიტის – $n=1,563-1,601$) ალბიტებში და ოლიგოკლაზ-ალბიტებში ($n=1,529-1,543$) ადვილი გამოსარჩევია, ვინაიდან ჩანართების გარშემო გვერდებზეა მუქი ზოლი, უფრო მკვეთრად გამოიჩევა ამ მინერალების ფონზე ცოიზიტი და ეპილოტი ($n=608-1,46$), უფრო უხეშად ჩანს სფენისა და ცირკონის ($n=1,9$ და მეტი) საზღვრები, ჰაერის ბუშტებს ($n=1,002$) სქელი შავი კონტური აქვთ.

რელიეფი. რელიეფის გამოვლინება დამოკიდებულია მინერალის და მისი შემცველი გარემოს (კანადის ბალზამის) გარდატეხის მაჩვენებლებზე. თუ მათი გარდატეხის მაჩვენებლები ახლოს არის ან ოდნავ განსხვავდება ერთმანეთისაგან, მინერალს რელიეფი, ასე ვთქვათ, არა აქვს, საზღვრები არა აქვს მკვეთრი და ზედაპირი გლუვია. თუ მინერალსა და კანადის ბალზამს შორის გარდატეხის მაჩვენებლებში დიდი განსხვავებაა, მათი საზღვარი მკვეთრია, კარგად განიჩევიან ერთმანეთისგან: მაღალი გარდატეხის მაჩვენებლიანი მინერალი გვერდებზეა ამობურცული, ამოზნექილი, ხოლო დაბალი გარდატეხის მაჩვენებლის მქონე – ჩაღრმავებული, ჩაზნექილი. პირველი დადებითი რელიეფია, მეორე უარყოფითი. სინამდვილეში, შლიფში ყველა მინერალი და კანადის ბალზამი ერთი სისქისაა და ეს მხოლოდ ოპტიკური ეფექტის ცდუნებაა.

ზედაპირის ხასიათი. როგორც უკვე ვიცით, რელიეფი დამოკიდებულია მხოლოდ განსხვავებაზე გარდატეხის მაჩვენებლებს შორის. ზედაპირის ხასიათი კი დამოკიდებულია ორ ფაქტორზე: 1) შლიფის დამზადების მეთოდზე და 2) განსხვავებაზე გარდატეხის მაჩვენებლებში საკვლევ მინერალსა და კანადის ბალზამს შორის. უკვე ნათქვამია, რომ შლიფის ზედაპირი მთლად გლუვი არ არის, იგი არათანაბარია, ხორკლიანია და ჩაღრმავებები ამოვსებულია კანადის ბალზამით და, რაც მეტია განსხვავება ამ მაჩვენებელში კანადის ბალზამსა და მინერალს შორის, მით უფრო მკვეთრად გამოჩნდება ეს არათანაბარი ზედაპირი. თუ მათი

გარდატეხის მაჩვენებლები ახლოს არის ერთმანეთთან, მაშინ მინერალის ფირფიტა შეადგენს თითქოს ერთ მთლიანს კანადის ბალზამთან და მისი ზედაპირი გვერვება სწორი და გლუვი, ხოლო რაც უფრო დიდია განსხვავება გინდ მეტისკენ, გინდ ნაკლებისკენ, მინერალისა და კანადის ბალზამის მაჩვენებლებს შორის, მით უფრო მკვეთრად უნდა გამოჩნდეს გადახრები ე.ი. სხივთა გარდატეხა და არეკვლა (სინათლის გაბნევა) მინერალიდან კანადის ბალზამში გადასვლის დროს და უფრო მკვეთრად გამოვლინდება თითოეული ჩაღრმავების და ამობურცული ადგილების არასიმეტრიული განათება, რის შედეგადაც, ეს ადგილები კარგად იქნება გამოკვეთილი დაკვირვების დროს. ამის გამო, მაღალი გარდატეხის მქონე მინერალების ზედაპირი და აგრეთვე, დაბალი გარდატეხის მქონე მინერალების ზედაპირიც კანადის ბალზამთან შედარებით შლიფში გვერვება ხორკლიანი, არათანაბარი, როგორც ამბობენ, შაგრენისებური. შეგვიძლია, შევადაროთ სახაზავი ქალაქის ზედაპირს. რაც უფრო დიდია ეს განსხვავებები, მით უფრო მკვეთრად გამოიხატება შაგრენისებური ზედაპირი.

თუ ზემოთ ნათქვამს მივიღებთ მხედველობაში, შეგვიძლია საზღვრების, რელიეფის და ზედაპირის ხასიათის გათვალისწინებით მინერალები დავყოთ რამდენიმე ჯგუფად: 1. საზღვრები და რელიეფი არ შეიმჩნევა ან თითქმის არ შეიმჩნევა, ზედაპირი არ გაირჩევა კანადის ბალზამის ზედაპირისგან. ეს შეესაბამება $n=1,53 - 1,56$ -მდე. აქ შედის პლაგიოკლაზების უმრავლესობა, ნეფელინი, კვარცი, კორდიერიტი, Na_2O -ით მდიდარი სკაპოლიტები, ფუძე და საშუალო ვულკანური მინები.

2. საზღვრები და რელიეფი სუსტად შეიმჩნევა, ზედაპირი სუსტად ხორკლიანია – $n=1,48-1,52$ (უარყოფითი რელიეფი და ზედაპირი) – მჟავე და საშუალო, ნაწილობრივ ფუძე ვულკანური მინები, ფელდშპათოიდები, ნეფელინის გამოკლებით, კრისტობალიტი, ცეოლიტები, ნატრიუმ-კალიუმის მინდვრის შპატები. აქვე შედის $n=1,57 - 1,60$ – ფუძე ვულკანური მინები, ბიტოვნიტი, ანორთიტი, სკაპოლიტები, ისევ კორდიერიტი, ტალკი, ქლორიტების უმრავლესობა, კალციტი, სერიციტი და მუსკოვიტი.

3. საზღვრები და რელიეფი ნათელია, ნათელია შაგრენისებური ზედაპირიც; $n=1,41-1,47$ (უარყოფითი რელიეფი და შაგრენისებური ზედაპირი) – ოპალი, ფლუორიტი, ტრიდიმიტი. აქვეა $n=1,61-1,65$ – აპატიტი, ტოპაზი, ანდალუზიტი.

მე-2 და მე-3 ჯგუფში მოცემულია გარდატეხის კოეფიციენტების ორ-ორი რიგი, რადგან აქ შედიან მინერალები, რომლებიც ან ერთ მხარეს ან მეორე მხარეს იძლევიან განსხვავებას კანადის ბალზამთან. აქ უარყოფითი რელიეფის და შაგრენისებური ზედაპირის, ან დადებითი რელიეფის და შაგრენისებური ზედაპირის განსაზღვრა უკვე შეიძლება ბეკეს ხაზის დახმარებით.

4. საზღვრები და რელიეფი მკვეთრია, ასეთივეა შაგრენისებური ზედაპირი – ოლივინი, პიროქსენები, ეპიდოტი, ვეზუვიანი, გრანატები ($n=1,66-1,78$). შესაბამისი ქანმაშენი მინერალები უარყოფითი ნიშნებით არ გვაქვს.

5. საზღვრები ძალიან მუქია და უხეში, რელიეფი და შაგრენისებური ზედაპირი ზედმეტად მკვეთრი – ზოგიერთი გრანატი, ცირკონი, რუტილი, ბრუკიტი, ანატაზი, რაც შეესაბამება $n>1,78$, შესაბამისი მინერალები, ჩვეულებრივი ქანმაშენებიდან, უარყოფითი ნიშნებით არ გვაქვს.

ბეკეს მეთოდი. ბეკეს მეთოდს აკვირდებიან გამავალ სინათლეში, ერთი ნიკოლის საშუალებით, როდესაც ანალიზატორი გამორთულია. ამ დროს ორი უფერული მინერალის საზღვარზე, თუ მათ შორის გარდატეხის მაჩვენებლებში განსხვავებაა, ან მინერალისა და კანადის ბალზამის საზღვარზე მიკროსკოპის დიაფრაგმის ნაწილობრივი ჩაბნელებით გაჩნდება წვრილი განათებული ზოლი, რომელსაც ბეკეს ხაზი ეწოდება. მისი გაჩენის მიზეზია, ერთის მხრივ, გარდატეხისა და არეკვლის მოვლენები და სინათლის სხივების დიფრაქციის მოვლენა, მეორეს მხრივ. ბეკეს ხაზის სიგანე \approx მილიმეტრის მეოთხედია; ტუბუსის აწვევის ე.ი. ფოკუსიდან გამოყვანის შემთხვევაში, ბეკეს ხაზი გადაინაცვლებს იმ მინერალისკენ, რომელსაც მეტი აქვს გარდატეხის მაჩვენებელი. დაწვეით პირიქით, ნაკლებისკენ წავა. ლოდონიკოვს გამოყენებული აქვს მნემონური წესი **ПОДНЯТИЕ** – **ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ** ე.ი. მეტისკენ წავა, **ОПУСКАНИЕ** – **ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ** ე.ი. ნაკლებისკენ წავა.

იმისთვის, რომ ბეკეს ხაზს დავაკვირდეთ, საჭიროა, შევასრულოთ რამდენიმე პირობა: 1) საზღვარი ორ მინერალს შორის უნდა იყოს სუფთა, თავისუფალი მეორადი წარმონაქმნის, ჩანართებისგან;

2) შესადარებელი ნივთიერებების კონტაქტი უნდა იყოს უშუალო. მათ შორის არ უნდა იყოს ძალიან წვრილი ნაპრალიც კი, ვინაიდან ეს ნაპრალი ამოვსებული იქნება კანადის ბალზამით;

3) აუცილებელია გამოვიყენოთ დიდი გადიდება;

4) პოლარიზატორი, რომელშიც ჩახრახნილია კოლექტორი (გამანათებელი ლინზა), მაქსიმალურად ქვევით უნდა დაიწიოს;

5) კონდენსორიც უნდა დაიწიოს ქვევით, პოლარიზატორთან ერთად, ან საერთოდ გამოირთოს;

6) პოლარიზატორის თავზე მოთავსებულია დიაფრაგმა. მე-4 და მე-5 ოპერაციების შემდეგ აუცილებელია, ეს დიაფრაგმა ნელა-ნელა დაწვიოთ და მხედველობის არის განათება თანდათანობით შევასუსტოთ. ასე უკეთესად ჩანს ბეკეს ხაზი.

7) თუ ვსარგებლობთ ირიბი განათებით, აუცილებელია ორი შეხების ადგილი იყოს დაყენებული მიკროსკოპის ღერძის პარალელურად. ასე თუ არ მოვიქცევით, შეიძლება მივიღოთ არასწორი ეფექტი (ტუბუსის აწევით ბეკეს ხაზი გადაინაცვლებს ნაკლები გარდატეხის მაჩვენებლის მქონე მინერალისკენ).

გარდატეხის მაჩვენებლის გაზომვაზე ბეკეს მეთოდით ბევრი ფაქტორი ახდენს გავლენას:

1) შლიფის სისქე; 2) გარდატეხის მაჩვენებლების სიდიდე; 3) ძლიერი განათების დროს შეიძლება გაჩნდეს ორი ხაზი.

შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა: ანიზოტროპულ ნივთიერებებში ბეკეს ხაზზე დაკვირვება უნდა ვაწარმოოთ ჩაქრობის მომენტებში, ე.ი. უნდა დავაყენოთ მინერალი + ნიკოლებში ჩაქრობაზე, გამოვრთოთ ანალიზატორი და დავაკვირდეთ ბეკეს ხაზს. შემდეგ ისევ ჩავრთოთ ანალიზატორი და 90°-ის შემდეგ დავაყენოთ მეორე ჩაქრობაზე და ისევ დავაკვირდეთ ბეკეს ხაზს. დაბოლოს, თუ ბეკეს ხაზი სუსტად ჩანს, ეს ნიშნავს, რომ გარდატეხის მაჩვენებლები მინერალებს ახლოს აქვთ.

დისპერსიული ეფექტი ორი უფერული მინერალის კონტაქტში

ეს მეთოდი გამოიყენა ცნობილმა პეტროგრაფმა ლოდონიკოვმა და მას „ლოდონიკოვის ეფექტი“ ეწოდა. თუ შლიფში ერთმანეთის გვერდით გვაქვს ორი უფერული მინერალი და მათ შორის გარდატეხის მაჩვენებლებში განსხვავებაა, მაშინ ის, რომელსაც მეტი აქვს გარდატეხის მაჩვენებელი, უშუალო კონტაქტში გვეჩვენება მოლურჯო-მომწვანო, ხოლო რომელსაც ნაკლები აქვს – ოქროსფერ-ყვითელი. ეს შეფერვები ძალიან მკრთალია და შეიმჩნევა მხოლოდ ორი უფერული მინერალის უშუალო კონტაქტში. ეს ეფექტი ძნელად შესამჩნევია. უკეთესად დავინახავთ თუ ბეკეს ხაზის განხილვის დროს შესასრულებელი პირობების ჩამონათვალიდან მე-4 და მე-6 პუნქტებს შევასრულებთ. განსაკუთრებით კარგად გამოიყენება ეს მეთოდი მინდვრის შპატების განსაზღვრის დროს. გრანიტებში მათ კვარცთან ან პლაგიოკლაზთან კონტაქტში განიხილავენ.

ბეკეს მეთოდის პრაქტიკული გამოყენება მინერალების დაჯგუფებისთვის გარდატეხის მაჩვენებლის მიხედვით

ბეკეს მეთოდმა დიდი გამოყენება ჰპოვა მინერალოგიურ და პეტროგრაფიულ პრაქტიკაში. ამდენად, მოგიწევს მასზე უფრო დაწვრილებით შეგვირდეთ. ზემოთ მოვიყვანეთ ქანმაშენი

მინერალების უხეში დაჯგუფება საზღვრების, რელიეფისა და ზედაპირის ხასიათის მიხედვით და გამოყავით 5 ჯგუფი. ახლა ბევრი სხვა ფაქტორის გათვალისწინებით შეგვიძლია უფრო ობიექტური დაყოფა წარმოვადგინოთ 7 ჯგუფად (უფერული მინერალებისთვის):

1. n=1,41 – 1,47

ხორკლიანი ზედაპირი, მოხაზულობა და რელიეფი მკვეთრი უარყოფითი, ჩაზნექილი რელიეფი. ოპალი, ფლუორიტი, ტრიდიმიტი.

2. n=1,48 – 1,52

უარყოფითი ხორკლიანი ზედაპირი. დისპერსიული ეფექტი მკვეთრი – მოოქრისფერო – ყვითელი კანადის ბალზამთან საზღვარზე კრისტობალიტი, ანალციმი, სოდალიტის ჯგუფი, ლეიციტი, ცეოლიტები, კალიუმის მინდვრის შპატები, კარბონატები, კანკინიტი, ვულკანური მინები.

3. n=1,535 – 1,545

რელიეფი და მოხაზულობა არამკვეთრი. დისპერსიული ეფექტი შეუმჩნეველი. ქალცედონი, ალბიტი და ოლიგოკლაზ-ალბიტი, ნეფელინი.

4. n=1,55 – 1,60

რელიეფი და მოხაზულობა ძნელად შესამჩნევი, დისპერსიული ეფექტი შესამჩნევი: კორდიერიტი, კვარცი, სკაპოლიტები, პლაგიოკლაზები, მუსკოვიტი, პარაგონიტი, კაოლინი, ტალკი.

5. n=1,61 – 1,65

მოხაზულობა და რელიეფი მკვეთრი. მკვეთრი ხორკლიანი ზედაპირი. დისპერსიული ეფექტი და ბეკეს ხაზი კარგად ჩანს. ტოპაზი, აპატიტი, ანდალუზიტი, მელილიტი, ვოლასტონიტი, პრენიტი, ტრემოლითი.

6. n=1,66 – 1,78

მოხაზულობა და რელიეფი ძალიან მკვეთრი, მკვეთრი ხორკლიანი ზედაპირი. ბეკეს ხაზი და დისპერსიული ეფექტი ძალიან მკვეთრი. კარბონატები, სილიმანიტი, ოლივინი, რომბული და მონოკლინური პიროქსენები, ცოიზიტი, ეპიდოტი, ვეზუვინი, დისტენი.

7. n=1,8 და მეტი.

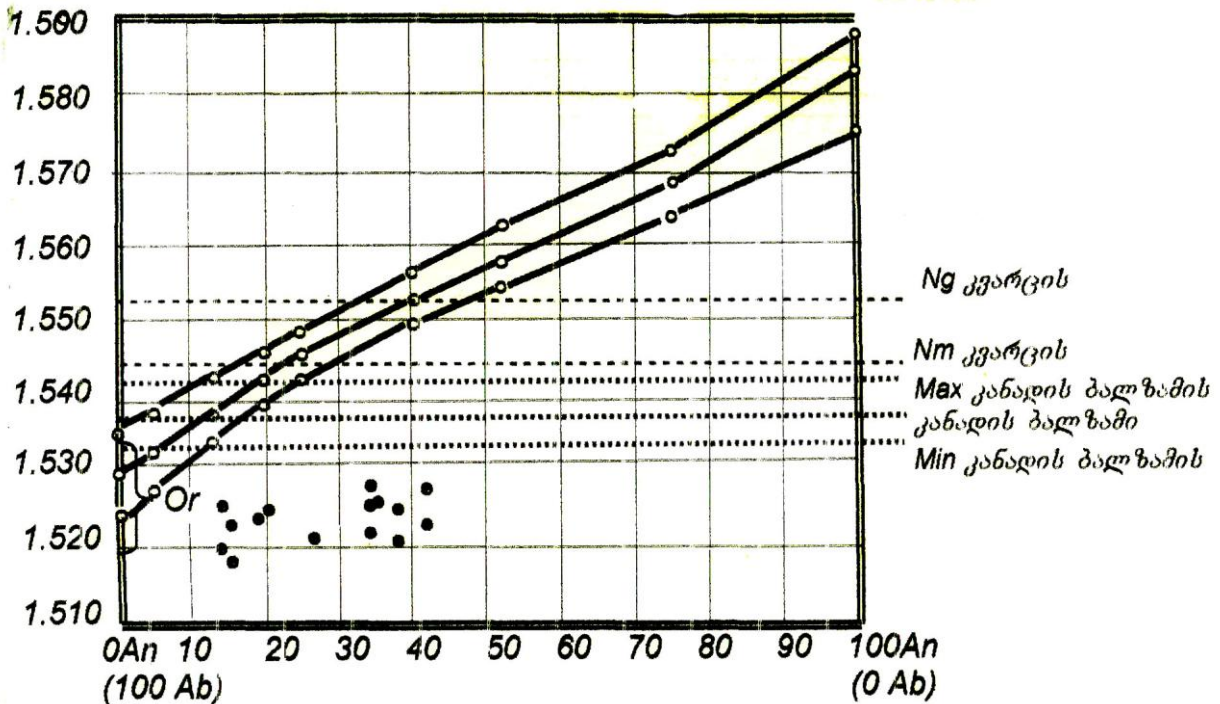
მოხაზულობა და რელიეფი ძალიან მკვეთრი, უხეში. მკვეთრი ხორკლიანი ზედაპირი. გრანატები, ქსენოტიმი, მონაციტი, ცირკონი, სფენი, კასიტერიტი.

შეფერილი ქანმაშენი მინერალები გარდატეხის მაჩვენებლის ზრდის მიხედვით შემდგენაირად შეიძლება დავალაგოთ: სერპენტინი, ქლორიტები, გლაუკონიტი, ბიოტიტი.

რომბული და მონოკლინური ამფიბოლები, ტუტე ამფიბოლები, ტიტან ავგიტი, ევირინი, ორთიტი, ტურმალინი, სტავროლიტი, შპინელი, რუტილი.

ბეკეს მეთოდის გამოყენება მინდვრის შპატების განსაზღვრისათვის

შლიფში მინდვრის შპატების გარჩევა ზოგ შემთხვევაში თითქმის შეუძლებელია. ეს განსაკუთრებით ეხება ორთოკლასს და ოლიგოკლასს. ნახ. 30-ზე მოცემულია დიაგრამა, რომლის აბცისაზე გადაზომილია პლაგიოკლასების პროცენტული შემცველობა An-ის მიხედვით 100 ნომრამდე, ორდინატზე მათი შესაბამისი გარდატეხის მაჩვენებლები Ng, Nm და Np. რამდენიმე წერტილში დატანილია Pl-ის გარდატეხის მაჩვენებელი დაწყებული 0 ნომრიდან 100-მდე და გაერთიანებულია მთლიანი მრუდით (№№0, 5, 13, 20, 25, 40, 50, 75, 100). ნებისმიერი პლაგიოკლასის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა ამ მრუდით შესაძლებელია. ჯვრებით აღნიშნულია K-ის მინდვრის შპატის გარდატეხის მაჩვენებლები. ორთოკლასისა და ანორთოკლასის დიაგრამაზე კარგად ჩანს, რომ K-ის მინდვრის შპატებს გარდატეხის მაჩვენებლები ყოველთვის ნაკლები აქვთ კანადის ბალზამზე.



ნახ. 30

პლაგიოკლასების რიგიდან ოლიგოკლასი (№20) არც ოპტიკური ორიენტაციით, არც ზოგჯერ ოპტიკურ ღერძთა შორის კუთხით არ განირჩევა ორთოკლასის რიგის მინდვრის შპატებისგან. ამავე დროს, ასეთი ოლიგოკლასები ჯვარედინ ნიკოლებში არ ამჟღავნებენ

პლაგოკლაზებისთვის დამახასიათებელ პოლისინთეტურ შემრჩობლებას. ამიტომ ერთადერთ საიმედო კრიტერიუმს მათი გარჩევისთვის წარმოადგენს ამ მინდვრის შპატების (იგულისხმება ოლიგოკლაზი და ორთოკლაზი) დამოკიდებულება კანადის ბალზამთან: ორთოკლაზს Ng ყოველთვის ნაკლები აქვს კანადის ბალზამზე, ხოლო ოლიგოკლაზს Np-ც კი ცოტათი, მაგრამ მაინც მეტი აქვს მასზე ($Np=1,539$).

კვარცის Nm ღერძის გამოყენება

გარდა კანადის ბალზამისა, შედარებისთვის შეიძლება გამოვიყენოთ კვარცის Nm ღერძი გარდატეხის მაჩვენებლით – 1,544, რომელიც მუდმივია ყველა წრიულ კვეთში. გავიხსენოთ, რომ კვარცი ერთღერძიანია და ბრუნვის ღერძს წარმოადგენს Ng, ხოლო წრიული კვეთის რადიუსი ყოველთვის არის Nm. პლაგოკლაზებში № 0_6_11_16_20, შესაბამისად, № 39_35_30_26_22 არ განიჩევიან არც ოპტიკური ორიენტაციით და არც ოპტიკურ ღერძთა შორის კუთხით. დიაგრამაზე განსხვავება კარგად ჩანს: №0-6-თვის ყოველთვის ნაკლებია კანადის ბალზამზე და კვარცზეც, №39-35-თვის ბევრად მეტია კანადის ბალზამზე. 6-16-თვის კვარცის Nm-ზე ნაკლებია, ხოლო, შესაბამისად, №35-26-თვის თითქმის ყველა კვეთში კვარცის Nm-ზე მეტია.

იმერსიული მეთოდი

გარდატეხის მაჩვენებლის შეფარდებითი სიდიდის განსაზღვრისთვის ჩვენ აღვწერეთ რამდენიმე მეთოდი: მინერალთა საზღვრები, რელიეფი, ზედაპირის ხასიათი, ბეკეს მეთოდი და დისპერსიული ეფექტი. გარდა ამ მეთოდებისა, არსებობს ე.წ. იმერსიული მეთოდი, რომლის საშუალებითაც ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ გარდატეხის მაჩვენებლის რიცხობრივი სიდიდე. მისი არსი მდგომარეობს შემდეგში: თუ გვაქვს სითხეები, რომელთა გარდატეხის მაჩვენებლები ცნობილია, მაშინ ბეკეს მეთოდის გამოყენებით ყოველთვის შეიძლება შეირჩეს ორი ისეთი სითხე გარდატეხის მაჩვენებლით n_1 და n_2 , რომ საკვლევი მინერალის გარდატეხა n მოექცეს მათ შორის ე.ი., რომ $n_1 > n > n_2$. ცხადია, რაც უფრო ახლოს იქნება ამ ორი სითხის მაჩვენებელი ერთმანეთთან, მით უფრო ზუსტად განისაზღვრება n . მინერალოგიისა და პეტროგრაფიის ჩვეულებრივი მიზნებისთვის საკმარისია სიზუსტე $\pm 0,005$, ხოლო ინტერვალი ორი სითხის კოეფიციენტებს შორის შეიძლება იყოს უფრო მეტი.

პრაქტიკულად, განსაზღვრა ხდება შემდეგნაირად: მინერალი იფხვნება წერილად, მოთავსდება სასაგნე მინაზე, რომელიც მიკროსკოპის მაგიდაზეა მოთავსებული. ნემსის საშუალებით, ფხვნილის ნაწილი უნდა გავწიოთ სასაგნე მინაზე, გვერდით. ამ გამოცალკეებულ ნაწილთან მჭიდროდ, ძალიან ახლოს დავაწვეთებთ სითხეს და ყველაფერს დავაფარებთ საფარ მინას. სითხე ფხვნილს შეიწოვს და მოაქცევს სითხის ქვეშ. შემდეგ მიკროსკოპში ბეკეს მეთოდით განვსაზღვრავთ მინერალის n მეტია თუ ნაკლები სითხის n_1 –ზე. თუ ბეკეს ხაზის საშუალებით დავადგინებთ, რომ სითხის n_1 მეტია მინერალის n -ზე, მაშინ საშრობი ქალაქის საშუალებით სითხეს საფარი მინის ქვეშიდან გამოვწოვთ და შევიყვანოთ სხვა სითხეს ნაკლები n_1 – ით და ა. შ. მანამ, სანამ არ მივაკვლევთ ორ მოსაზღვრე სითხეს n_1 და n_2 , რომ მივიღოთ $n_1 > n > n_2$. ვინაიდან ქალაქით სითხეს მთლიანად ვერ გამოვწოვთ, იგი შეერევა ახალ შეყვანილ სითხეს. ამიტომ საბოლოოდ უტოლობის დადგენა $n_1 > n > n_2$ აუცილებელია შევამოწმოთ დარჩენილ ფხვნილზე, რომელიც ადრევე გამოვყავით. ზოგჯერ გამოკვლევის წინ მინერალის მარცვლებს ასველებენ წყლით და შემდეგ აშრობენ. მარცვლები მიეწებება მინას. დააფარებენ საფარ მინას და გველიდან შეუშვებენ სითხეს. მხოლოდ გამრობა უნდა მოხდეს მთლიანად. ორმაგი გარდატეხის მქონე მინერალებისთვის განისაზღვრება, რა თქმა უნდა, ორი მაჩვენებელი Np^1 და Ng^1 და, თუ საქმე გვაქვს ისეთ მინერალთან, რომელიც მუდმივად არ იხლიჩება გარკვეული სიბრტყის მიმართ, შეგვიძლია, ვთქვათ, რომ უმცირესი Np^1 ეს არის მინერალის ოპტიკური ინდიკატრისის Np ღერძი და უდიდესი Ng^1 არის Ng ღერძი. ერთღერძიან კრისტალებში ერთ-ერთ მაჩვენებელს Nm -ს აქვს ყოველთვის ერთი და იგივე მნიშვნელობა. ორღერძიანი მინერალების იზოტროპული კვითები გვაძლევენ აგრეთვე მინერალის ინდიკატრისის Nm ღერძის სიდიდეს.

იმერსიული სითხეების რამდენიმე კომპლექტი არსებობს. მათ ყოველთვის ახლავს ცხრილი, სადაც ჩამოწერილია მათი გარდატეხის მაჩვენებლები და მითითებულია მათი შენახვის წესი.

ლიტერატურა

1. Л. Берри, Б. Меисон, Р. Дитрих. Минералогия. Москва, Мир, 1987г.
2. ზარიძე გ.მ. კრისტალური ნივთიერების ოპტიკური კვლევის საფუძვლები. ტექნიკა და შრომა, 1952 წ.
3. თვალჭრელიძე ა.ა. კრისტალთა ოპტიკის შესავალი. თბილისი, თსუ, 1954 წ.
4. Лодочников В.Н. Основы кристаллооптики, Москва, 1947 г.