

60.202

REPUBLICA POPULARĂ ROMÂNĂ
COMITETUL GEOLOGIC
INSTITUTUL GEOLOGIC

STUDII TEHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA I

Mineralogie-Petrografie

Nr. 2



DETERMINAREA MINERALELOR
CU AJUTORUL
METODEI UNIVERSALE FEDOROV

DE

DAN P. RĂDULESCU

BUCUREŞTI

1965



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României

REPUBLICA POPULARĂ ROMÂNĂ
COMITETUL GEOLOGIC
INSTITUTUL GEOLOGIC

STUDII TEHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA I

Mineralogie-Petrografie

Nr. 2

DETERMINAREA MINERALELOR
CU AJUTORUL
METODEI UNIVERSALE FEDOROV

DE

DAN P. RĂDULESCU



BUCUREŞTI

1965



Institutul Geologic al României

Cea mai mare parte a figurilor și planșelor sunt reproduse din lucrările indicate în bibliografie.



Institutul Geologic al României



TABLA DE MATERII

| | Pag. |
|---|-----------|
| Istoricul dezvoltării cercetărilor cu masa universală Fedorov | 7 |
| PARTEA I | |
| Elemente introductive : Principii, aparatură | 9 |
| Principiul determinărilor cu masa universală Fedorov | 9 |
| Aparatura | 10 |
| Masa universală cu 4 axe de rotație | 11 |
| Masa universală cu 5 axe de rotație | 13 |
| Microscopul teodolit | 14 |
| Segmentii emisferici de sticlă | 15 |
| Corecțiile măsurătorilor executate cu masa universală Fedorov | 19 |
| Limitele mecanice și optice ale utilizării mesei universale Fedorov | 21 |
| Punerea la punct a aparaturii | 21 |
| Centrarea mesei | 22 |
| Poziția de încrucișare a nicolilor | 22 |
| Examinarea izotropiei obiectivului | 22 |
| Examinarea izotropiei segmentelor emisferici | 23 |
| Poziția firelor reticulare | 23 |
| Fixarea poziției 0° a axului A_5 | 24 |
| Fixarea preparatului | 24 |
| Illuminarea microscopului | 24 |
| Utilizarea rețelei Vulf | 25 |
| Determinarea unghiului format de două direcții | 25 |
| Determinarea unghiului format de două plane | 25 |
| Determinarea locului geometric al proiecțiilor direcțiilor care fac un același unghi cu o direcție dată (construirea unui cerc mic) | 26 |
| Rotirea stereogramelor | 26 |
| Considerații generale asupra mesei universale Fedorov | 27 |
| Bibliografie | 28 |
| PARTEA II | |
| Metodica generală a determinărilor | 31 |
| Determinarea poziției planelor de clivaj și de concreștere | 31 |
| Determinarea poziției indicatricei unui cristal biax | 32 |
| Trecerea datelor în proiecția stereografică | 36 |



| | Paz. |
|--|------|
| Verificarea exactității determinărilor | 37 |
| Recunoașterea cu ajutorul mesei universale a diverselor posibilități de prezentare a cristalelor biaxe în secțiuni subțiri | 37 |
| Determinarea poziției indicatricei unui cristal uniax | 38 |
| Recunoașterea diverselor posibilități de prezentare a cristalelor uniaxe în secțiuni subțiri | 39 |
| Examinarea sistematică a unui mineral pentru precizarea caracterului de uniaxialitate sau biaxialitate | 39 |
| Utilizarea mesei Fedorov cu 5 axe | 41 |
| Determinarea prin construcție a poziției axelor de macă | 42 |
| Determinarea birefringenței într-o direcție dată | 43 |
| Determinarea grosimii preparatului cu masa universală Fedorov | 44 |
| Procedeul granulului de cuarț | 44 |
| Procedeul lui Nikitin | 46 |
| Determinarea unghiului axelor optice | 47 |
| Calcularea unghiului 2V cu ajutorul birefringențelor principale | 47 |
| Metoda lui Nikitin | 48 |
| Metoda extincției caracteristice | 51 |
| Metoda diferenței de drum caracteristice | 53 |
| Determinarea refringenței cu masa universală Fedorov | 56 |
| Metoda lui Nikitin | 57 |
| Metoda lui Berek | 61 |
| Metoda lui Lodocinиков | 64 |
| Construcția și calcularea în stereogramă a unghiului de extincție pe o față oarecare | 66 |
| Studiul conoscopic cu ajutorul mesei universale Fedorov | 68 |
| Bibliografie | 69 |

PARTEA III

| | |
|--|----|
| Determinarea feldspațiilor plagioclazi | 71 |
| Feldspații plagioclazi : caractere generale | 71 |
| Caractere chimice | 71 |
| Caractere morfologice | 71 |
| Caractere optice | 75 |
| Poziția indicatricei | 76 |
| Discuția principiului de determinare a plagioclazilor prin considerarea poziției relative a elementelor optice și geometrice | 76 |
| Metoda clasică Fedorov | 79 |
| Stereograma perpendiculară pe Nβ | 80 |
| Stereograma perpendiculară pe zona [001] | 81 |
| Determinarea legilor de macă | 82 |
| Diagrama lui Nikitin | 86 |
| Procedeul lui Emmons pentru masa universală cu 5 axe | 86 |
| Considerații asupra stereogramelor standard utilizate în determinările cu metoda Fedorov | 88 |



| | Pag. |
|--|------|
| Metoda Zavarîțki | 92 |
| Metoda zonelor (Rittmann) | 94 |
| Metodica determinărilor | 99 |
| Zona perpendiculară pe (010) | 101 |
| Zona perpendiculară pe (001) | 102 |
| Zona perpendiculară pe secțiunea rombică | 103 |
| Determinarea compozitiei cu ajutorul maclelor albit-Karlsbad | 106 |
| O variantă a metodei zonelor | 108 |
| Examinarea poziției relativc a elementelor optice în macle (Köhler) | 111 |
| Determinarea feldspaților plagioclazi zonați | 115 |
| Bibliografie | 117 |
| PARTEA IV | |
| Utilizarea mesei Fedorov la determinarea altor minerale în afară de feldspații plagioclazi | 121 |
| Considerații generale | 121 |
| Procedeul lui Vardaniană pentru măsurarea unghiurilor axelor optice cu valori mici | 122 |
| Procedee de determinare a piroxenilor și amfibolilor | 125 |
| Obținerea prin construcție a unghiului maxim de extincție la piroxenii și amfibolii monoclinice | 125 |
| Procedeul lui Korjinski pentru determinarea directă a unghiului de extincție pe față (010) la amfibolii și piroxenii monoclinice | 126 |
| Variația valorii unghiului de extincție la piroxenii și amfibolii rombici | 127 |
| Determinarea feldspaților potasici | 129 |
| Observații asupra determinării mineralelor din grupul epidot | 133 |
| Tabelele lui V. S. Sobolev | 133 |
| Bibliografie | 134 |





Institutul Geologic al României

ISTORICUL DEZVOLTĂRII CERCETĂRILOR CU MASA UNIVERSALĂ FEDOROV

Pasul cel mai important pe care l-a făcut petrografia în drumul pe care l-a parcurs de la stadiul de știință descriptivă spre acela de știință exactă a fost, fără îndoială, determinat de apariția microscopului polarizant. Utilizarea microscopului polarizant a deschis perspective nebănuite în fața cercetărilor petrografice, dovedindu-se a fi metoda de studiu cea mai potrivită și complet caracteristică acestei științe. Ea a permis să se depășească limita care se contura tot mai net în fața cercetătorilor, limită determinată de caracterele metodelor de studiu folosite pînă atunci : examenul macroscopic și analiza chimică.

Obiectivele principale ale studiului rocilor la microscop sunt : identificarea exactă a componentelor minerale și determinarea modului lor de asociere, a structurii. Examinarea structurii rocilor poate fi făcută, am spune în totalitatea cazurilor, în mod satisfăcător la microscop, mai ales dacă se iau anumite precauții în privința modului de orientare a secțiunilor subțiri. Pentru prima problemă însă, aceea a identificării mineralelor, cu toate succesele deosebite obținute în determinarea elementelor lor optice și în legarea valorilor și pozițiilor acestora de variația compozitiei chimice a mineralelor, cercetările cu microscopul polarizant nu pot depăși, și ele, anumite granițe impuse de faptul că în preparatele care se studiază, mineralele se prezintă în secțiuni oarecare, și nu orientate în modul cel mai favorabil determinărilor. De aici, operația de multe ori anevoieasă de căutare a secțiunilor orientate, și imposibilitatea determinărilor în cazul lipsei acestora. Dezvoltarea rapidă a cercetărilor microscopice în petrografie a pus, în scurt timp, în evidență limitele posibilităților lor : studiul microscopic părea că nu le va putea depăși.

În anul 1889, în cursul unei ședințe a Societății ruse de mineralogie din Petersburg, E. S. Fedorov expune pentru prima oară ideea sa asupra unei metode zise „teodolit” de cercetare a mineralelor. Doi ani mai tîrziu, el pune la punct prima „masă universală” (denumire adoptată ulterior) construită pe acest principiu, destinată studiului optic al mineralelor, indiferent de orientarea secțiunii în care se prezintă. În același timp, con-



tinuă să-și dezvolte ideea teoretică, și elaborează în mod complet metodele de lucru; în 1891 apare prima sa lucrare „O nouă metodă de cercetare optică a secțiunilor de cristale în lumină paralelă”, iar în 1893 opera sa, devenită clasică, „Metoda teodolit în mineralogie și petrografie”.

Metoda denumită apoi „universală” — pentru a arăta posibilitățile sale — sau „Fedorov” — după numele creatorului ei — de o simplitate și eficacitate remarcabilă, capătă o utilizare din ce în ce mai largă, și cei mai de seamă mineralogi și petrografi ai vremii și-o însușesc imediat. Ea se dovedește utilă cu deosebire, în determinarea feldspațiilor, principalele minerale din rocile eruptive, esențiale în clasificarea acestora.

În cursul anilor care urmează, activitatea lui E. S. Fedorov pentru perfecționarea metodei sale, se intensifică necontenit; o întreagă serie de articole concretizează cercetările sale în acest domeniu. Între acestea, trebuie remarcate lucrările privind determinarea plagioclazilor, baza tuturor studiilor de mai tîrziu.

Și activitatea altor cercetători este foarte fructuoasă în acești ani; contemporanii și elevii săi A. K. Boldirev, M. A. Usov și V. V. Nikitin dezvoltă metoda și aplicarea ei în domeniile cele mai variate, în mod deosebit, trebuie reținute lucrările lui V. V. Nikitin, privind atât metoda însăși cu baza sa teoretică, cît și aplicarea ei la determinarea feldspațiilor palgioclazi; „Metoda universală Fedorov”, amplă lucrare a lui V. V. Nikitin, constituie și astăzi baza lucrărilor cu masa universală, deși, datorită continuiei îmbunătățiri a aparaturii, ea este într-o oarecare măsură depășită.

Mulți alți savanți aduc o contribuție prețioasă la dezvoltarea metodei Fedorov și, mai ales, la determinarea mineralelor din grupul feldspați; francezul L. Duparc, germanul M. Berek, elvețianul M. Reinhard și autori ai unor lucrări clasice asupra mesei universale Fedorov și utilizării ei.

În anul 1929 americanul R. C. Emma aduce o îmbunătățire substanțială mesei Fedorov, introducind în construcția sa un nou ax de rotație; nou model, pentaaxial, de masă universală, a permis lui A. N. Zavarițki elaborarea unei noi metode de cercetare, principal deosebită de cele anterioare.

Dintre contemporani, se remarcă, în deosebi, activitatea sovieticilor care, pe lîngă A. N. Zavarițki, reușesc prin D. S. Korjinski, V. N. Lodočinikov, V. V. Arșinov, să aducă ameliorări importante metodelor de lucru; dintre acestea — asupra lor se va reveni în continuare — amintim crearea posibilității studiului conoscopic și a determinării refringenței mineralelor în cercetările cu masa universală Fedorov.



PARTEA I

ELEMENTE INTRODUCTIVE: PRINCIPII, APARATURĂ

PRINCIPIUL DETERMINĂRILOR CU MASA UNIVERSALĂ FEDOROV¹⁾

Deși la prima vedere MUF, poate să apară ca o completare a microscopului polarizant — datorită, mai ales aparaturii, MUF neputind fi utilizată decât împreună cu acesta — ea implică, în realitate o metodă de determinare a mineralelor, principial diferită de aceea a microscopului polarizant.

Microscopul polarizant permite identificarea mineralelor, prin determinarea poziției elementelor lor optice, în următoarele condiții. Pentru mineralele izotrope este suficientă examinarea unei singure secțiuni, pentru mineralele uniaxe sunt necesare două secțiuni — una perpendiculară pe axul optic și una paralelă cu el — iar pentru mineralele biaxe sunt necesare 3 secțiuni — două perpendiculare, fiecare pe cîte o bisectoare a unghiurilor formate de axe optice, și una paralelă cu planul axelor optice. Identificarea acestor secțiuni se face în lumină convergentă, și datele furnizate de ele sunt corelate cu observații asupra clivajelor, conturelor etc.

MUF reușește să obțină aceleași rezultate prin examinarea unei singure secțiuni, fără să fie nevoie ca ea să aibă o anumită orientare. Oferind posibilitatea rotirii preparatului în jurul mai multor axe, ea permite aducerea acestuia în orientările în care se pot efectua măsurările necesare determinării mineralului. Identificarea acestor orientări se face tot în lumină paralelă, mult mai simplu decât în cazul folosirii luminii convergente. Datele obținute se interprează cu ajutorul stereogramelor, care pot fi folosite, mai departe, și la determinarea grafică a altor constante în afara celor măsurate în mod direct.

Este vorba deci, de două metode diferite, ultima reprezentând un însemnat pas înainte față de prima. Trebuie subliniat faptul că MUF per-

¹⁾ Pentru a ușura exprimarea grafică a acestei noțiuni, care va reveni foarte frecvent în text, se va utiliza prescurtarea MUF pentru „masa universală Fedorov”.



mite nu numai obținerea mai ușoară a acelorași date pe care le furnizează microscopul polarizant, ci și alte numeroase informații asupra opticei și morfologiei cristalelor.

APARATURA

Cu ajutorul a două axe perpendiculare între ele, prin rotiri în jurul lor, se poate realiza, în principiu, orice mișcare, se poate aduce astfel, orice direcție din spațiu să corespundă cu o direcție dată. Astfel, dacă axele

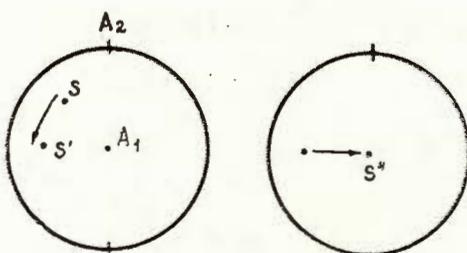


Fig. 1. — Aducerea în coincidență a două direcții prin rotiri în jurul a două axe perpendiculare între ele.

axul A_2 , și o rotire în jurul lui A_2 , care aduce pe S' în S'' , direcția de observație.

Un asemenea ansamblu de două axe perpendiculare între ele, constituie, în momentul în care mișările în jurul lor pot fi apreciate în grade, un sistem teodolit, un microgoniometru cu ajutorul căruia se pot măsura orice unghiuri în spațiu, prin considerarea coordonatelor polare ale direcțiilor cercetate.

Pentru observațiile cu microscopul polarizant este necesară însă și o mișcare în jurul unui ax care să corespundă cu direcția astfel obținută, deoarece axele A_1 și A_2 fiind solidare, A_1 s-a deplasat din direcția de observație în momentul în care în coincidență cu acesta a fost adusă direcția S . Noul ax, notat cu A_3 , coincide prin urmare cu direcția de observație, și este constituit de axul microscopului, în jurul căruia se rotește masa acestuia. În principiu deci, pentru obținerea oricărei poziții a unui preparat și examinarea lui în condițiile cerute de microscopul polarizant, sunt suficiente 3 axe de rotație. Mesele universale Fedorov, în prima lor realizare, au avut această formă: un sistem de două axe rectangulare A_1-A_2 , care adaptat microscopului alcătuiește un ansamblu de 3 axe. Cum însă, în practică, după aducerea direcției S în coincidență cu direcția de observație este

A_1 și A_2 (fig. 1), perpendiculare unul pe celălalt, permit rotiri complete în jurul lor, o direcție oarecare — reprezentată în proiecție stereografică prin punctul S — poate fi adusă în poziție de perpendicularitate pe planul desenului, și deci în coincidență cu direcția de observație, prin două mișări: o rotire în jurul axului A_1 pentru a aduce pe S în poziția S' ,

pe diametrul perpendicular pe

axul A_2 , și o rotire în jurul lui A_2 , care aduce pe S' în S'' , direcția de observație.

necesar și un control al exactității poziției obținute — un control care numai cu 3 axe este foarte dificil de executat — s-a ajuns în scurt timp (încă din anul 1898) la realizarea unei MUF, care să aibă încă un sistem de două axe reciproc perpendiculare, A_3 și A_4 . În această formă, MUF permite rezolvarea rapidă a problemei controlului poziției. În aspectul ei cel

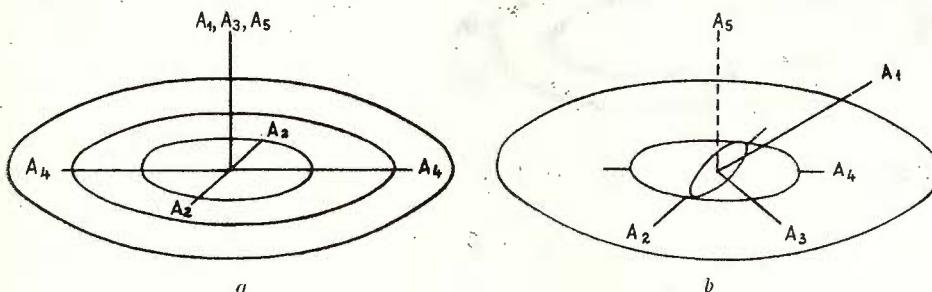


Fig. 2. — Ansamblul celor 5 axe de rotație în poziție normală și inclinate.

mai obișnuit, o MUF are, în realizarea de astăzi, 4 axe proprii de rotație A_1 , A_2 , A_3 , A_4 iar, prin instalarea la microscop, 5 axe, prin adăugarea axului de rotație al mesei microscopului, A_5 . (fig. 2). Spre deosebire de axul A_5 , care rămâne totdeauna fix, axele aparținând mesei însăși sunt mobile, ele alcătuiesc două perechi rectangulare, care pot fi aduse în coincidență.

MUF cu 4 axe de rotație. Realizarea practică a MUF se face prin fixarea suportului port-lamă în centrul a 3 cercuri concentrice, cărora le sunt permise mișcări concentrice, în modul următor: celui interior față de cel intermediar, și celui exterior -- care le cuprinde și pe celelalte două -- în planul lui. În felul acesta se realizează două mișcări, ale căror axe de rotație, A_1 și A_3 , sunt verticale în poziția de 0° a MUF și coincid între ele. Cercul exterior și intermediar sunt gradate, aşa încât cele două mișcări pot fi măsurate. Mișcarea cercului exterior poate fi oprită cu ajutorul unui surub.

Cercul intermediar se poate mișca în jurul unui ax orizontal, cuprins în planul cercului mare. Mișcarea în jurul acestui ax, afectând cercul intermediar, și deci și cercul interior, scoate axul A_1 , din poziția de coincidență cu axul A_3 . Mișcarea în jurul axului A_2 este măsurată pe două brațe fixate pe cercul exterior, brațe care reprezintă circumferința în cadrul căreia se produce mișcarea (fig. 3).

Întreg ansamblul descris pînă acum, mai poate fi rotit în jurul unui ax orizontal, cuprins în planul cercului mare exterior; el este notat A_4 . Mișcarea în jurul acestui ax schimbă poziția tuturor celorlalte axe: el

scoate din poziția de verticalitate axul A_3 și schimbă poziția inițială de orizontalitate a axului A_2 . Amplitudinea mișării se măsoară pe tamburul gradat din capătul acestui ax. Mișcarea în jurul axului A_4 poate fi oprită cu ajutorul unui șurub.

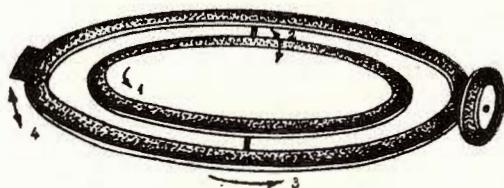


Fig. 3. — Schița mesei universale cu 4 axe.

poate suferi mișări în jurul a 5 axe :

- A_5 axul microscopului, totdeauna fix ;
- A_4 axul care rămîne totdeauna orizontal, în jurul căruia poate fi inclinat ansamblul celor 3 cercuri ;
- A_3 axul perpendicular pe planul cercului exterior, în jurul căruia se face mișcarea acestuia, cuprindînd și cercurile intermediar și interior ; poziția sa de verticalitate este controlată de axul A_4 ;
- A_2 axul cuprins în planul cercului exterior. El permite balansarea cercului intermediar și interior ; poziția sa de orizontalitate este controlată de axul A_4 ;
- A_1 axul perpendicular pe planul cercurilor interior și intermediar, în jurul căruia se produce mișcarea cercului interior în același plan cu cercul intermediar. Atâtă vreme cât nu s-a produs nici o mișcare în jurul axului A_2 , axul A_1 coincide cu A_3 , iar dacă axul A_4 este la 0° , ambele coincid cu A_5 .

În poziție de 0° — repaos — a MUF, axele au următoarea poziție :

- A_4 orizontal, orientat EV, paralel cu observatorul ;
 - A_2 orizontal, coincide cu A_4 ;
 - A_1
 - A_3
 - A_5
- verticale, coincid între ele.

În poziția normală, cu care se încep determinările, axul A_2 este perpendicular pe A_4 ; în felul acesta, A_2 și A_4 se găsesc în planele de vibrație ale celor doi nicoli.

A se observa că în acest sistem de notație, axele cu indice par sunt orizontale, iar cele cu indice impar sunt verticale (în poziție de 0°) ; și, de

asemeni, că, deoarece un ax exterior schimbă poziția tuturor axelor interioare lui, un ax cu indice superior schimbă poziția tuturor axelor cu indice inferior.

Unii cercetători utilizează o altă notație a axelor; de la interior către exterior ele sunt denumite:

- N = A_1 , deoarece rămîne tot timpul *normal* pe secțiune,
- H = A_2 , deoarece este orizontal (fr. *horizontal*) în poziția de 0° a MUF,
- A = A_3 deoarece este un ax *auxiliar* în determinări,
- K sau J = A_4 deoarece este folosit, în deosebi, pentru controlul (germ. *kontrol*) pozițiilor orientate, obținute prin mișcări în jurul celorlalte axe.
- M = A_5 deoarece corespunde cu axul *microscopului*.

Mișcările în jurul axelor A_1-A_5 se notează cu, respectiv, $\alpha_1-\alpha_5$

MUF cu cinci axe de rotație. Modelul de MUF imaginat de R.C. E m m o n s prezintă o sensibilă ameliorare, prin faptul că are 5 axe proprii de rotație; o asemenea MUF permite deci, instalată la microscop, rotirea preparatului în jurul a 6 axe.

În afară de axele existente la MUF cu 4 axe, acest model posedă încă un ax orizontal orientat EV, notat cu A_0 ; el este interior față de axul A_2 , de care este comandat, și exterior față de axul A_1 , pe care il comandă. Cercul interior al mesei devine astfel mobil față de cel median și după un ax cuprins în planul său, nu numai după un ax perpendicular pe acest plan, ca la MUF cu 4 axe (fig. 4).

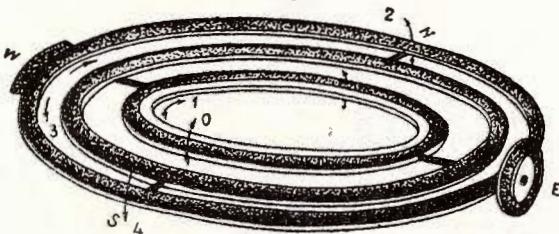


Fig. 4. — Schița mesei universale cu 5 axe.

Cele 6 axe în jurul căror se produc mișcările sunt notate după cum urmează (în sistemul Berek și Emmons):

- $A_1 = I\ V$ numit și ax *vertical interior*, în jurul căruia se produce rotirea cercului interior;
- $A_0 = I\ E\ V$ numit și ax *interior EV*, este cuprins în planul cercului interior și intermediar, orizontal, în poziție de 0° . În jurul său cercul interior se înclină spre N sau S.

- $A_2 = NS$ numit și ax *NS*, cuprins în planul cercului intermediar și exterior, permite balansarea primelor două cercuri spre E și V.
- $A_3 = OV$ numit și ax vertical exterior (*outer vertical*), permite rotirea cercului exterior în planul său; el coincide cu A_1 în poziția de 0° a MUF.
- $A_4 = OEV$ numit și ax EV exterior (*out EV*), este axul care rămîne totdeauna orizontal.
- $A_5 = M$ axul *microscopului*, permite rotirea întregului ansamblu într-un plan orizontal.

A. N. Zavarițki a făcut încă de mai multă vreme propunerea de a se construi o MUF cu 6 axe proprii de rotație; utilizarea ei ar trebui să facă mai simplă rezolvarea unora dintre problemele uzuale ale determinării mineralelor.

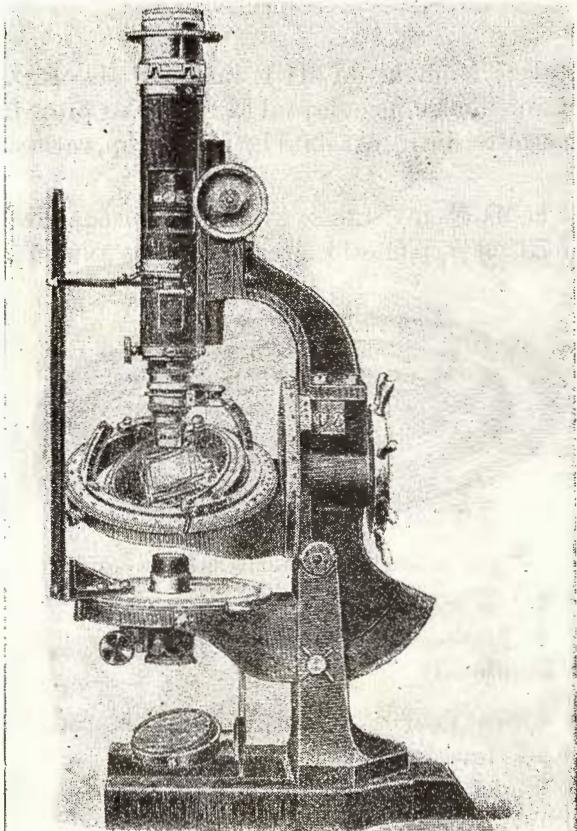


Fig. 5. — Microscopul teodolit

Microscopul teodolit.

Microscopul teodolit (fig. 5) reprezintă o altă realizare a unei mese universale cu 4 axe. El este construit în așa fel încât însăși masa sa este mobilă în jurul unui ax orizontal, solidar cu stativul. În locul mesei obișnuite a unui microscop se găsește aici ansamblul de 3 cercuri ale unei MUF. Microscopul teodolit prezintă două caractere esențiale.

Prima particularitate constă în faptul că axul A_4 , axul orizontal în jurul căruia este mobilă întreaga masă, este dispus în direcție NS, ca urmare a necesității de construcție (acest ax făcind corp comun cu stativul). De aici urmează că toate rezulta-

tele obținute cu microscopul teodolit sunt deplasate cu 90° față de cele obținute cu MUF.

A doua particularitate decurge din faptul că toată masa este mobilă în jurul axului A_4 ; în acest fel, poziția preparatului nu mai poate fi schimbată față de poziția celor doi nicoli în modul obișnuit, pentru a se realiza axul A_5 . Al cincilea ax de rotație se obține nu prin rotirea preparatului față de nicoli, ci dimpotrivă, prin posibilitatea rotirii simultane a celor doi nicoli față de preparat; pentru aceasta, cei doi nicoli sunt mobili în jurul axului microscopic, mișcarea lor fiind comună datorită unei bare metalice, la care amîndoi pot fi fixați.

Microscopul teodolit reprezintă o rezolvare tehnică mai veche a unei mese universale; avantajele pe care le oferă el (vezi cap. Segmentii) au putut fi obținute apoi și la MUF adaptabilă la orice microscop, singurul model care se construiește astăzi.

Segmentii emisferici de sticlă. Examinarea unui preparat în alte direcții decât cea normală pe el, depinde nu numai de posibilitatea de a aduce aceste direcții în coincidență cu direcția de observație — axul microscopicului — ci și de complexe fenomene de refracție care se produc în aceste situații. O problemă tot atât de importantă ca aceea a inclinării și rotirii preparatului — rezolvată aşa cum s-a arătat în paragrafele precedente — este aceea privind posibilitatea de examinare a preparatului în pozițiile astfel obținute, mai mult sau mai puțin deosebite de aceea normală față de direcția de observație.

În momentul în care fascicoul de raze luminoase cade pe suprafața preparatului sub un alt unghi decât cel de 90° , se produc fenomene de refracție care fac ca *direcția efectivă de observație* în preparat să difere de *direcția geometrică*, aceea stabilită prin inclinările a căror amplitudine se apreciază în grade la MUF. Drumul fascicoului de raze luminoase într-o reprezentat în fig. 6. Direcția geometrică $S'R'S$ este determinată în spațiu prin unghiul α_a între normala la preparat și direcția de observație, adică inclinarea preparatului în jurul unuia din axele orizontale; ea corespunde însă, în preparat, direcției PR , direcția reală, efectivă, în

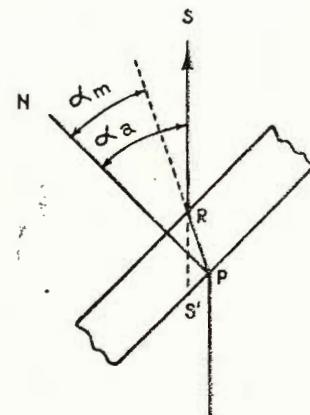


Fig. 6. — Drumul razelor luminoase în preparatul inclinat.

acemenea situație este reprezentată în figura 6. Direcția geometrică $S'R'S$ este determinată în spațiu prin unghiul α_a între normala la preparat și direcția de observație, adică inclinarea preparatului în jurul unuia din axele orizontale; ea corespunde însă, în preparat, direcției PR , direcția reală, efectivă, în

care se face observația. Poziția preparatului trebuie deci apreciată față de cea normală prin unghiul α_m și nu prin unghiul α_a .

Deoarece între unghiiurile α_a și α_m există relația

$$\frac{\sin \alpha_a}{\sin \alpha_m} = N_m$$

diferența $\alpha_a - \alpha_m$ este o funcție a refringenței mineralului, crescând odată cu depărtarea acesteia de valoarea 1.

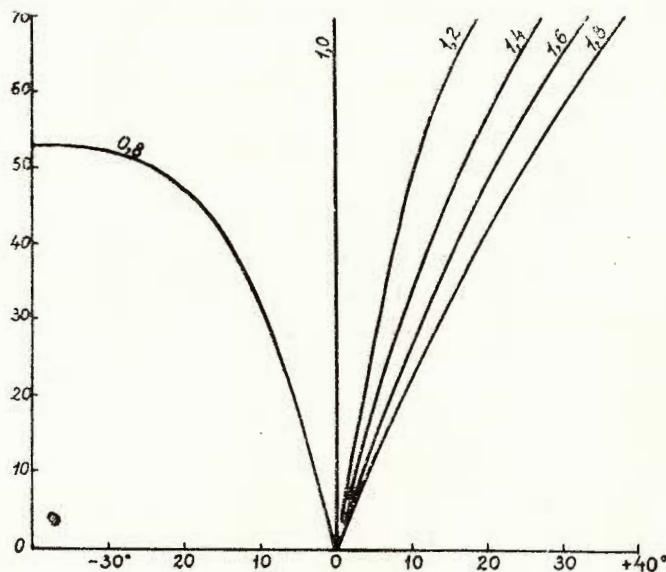


Fig. 7. — Relația dintre direcția geometrică și cea efectivă de observație pentru diverse valori N . Abscisa : diferența $\alpha_a - \alpha_m$. Ordonata : înclinarea A_1A_4 .

Diferența între direcțiile geometrică și efectivă de observație, este determinată — așa cum reiese din considerarea aceleiași relații — și de valoarea α_a , inclinarea preparatului, crescând odată cu aceasta (diferența $\alpha_a - \alpha_m$ poate fi, de asemenei, considerată ca dependentă de valoarea α_m , dar între α_a și α_m existând totdeauna relația $\frac{\sin \alpha_a}{\sin \alpha_m} = N_m$, acești doi factori nu pot fi considerați simultan). Relațiile dintre inclinarea preparatului α_a — sau unghiul axelor $A_1 A_5$, considerind inclinarea ca fiind efectuată în jurul axului A_2 — refrigența mineralelor și valoarea $\alpha_a - \alpha_m$ este redată în fig. 7. Examinarea acestei diagrame arată că, în condițiile expuse pînă acum, observațiile cu MUF ar fi practic imposibile, sau reduse numai

la situațiile de înclinare foarte redusă și de refringență apropiată de valoarea 1, deoarece altfel diferența $\alpha_a - \alpha_m$ ar crește foarte mult, reducindu-se considerabil posibilitatea ca unghiul α_m — cel care dă, în realitate, diferența de poziție a preparatului — să ajungă la valori ceva mai mari. Astfel, pentru cuart $N_\omega = 1.54$, unghiul maxim α_m abia ar atinge 38° , iar pentru refringențe cu valori de ordinul 1,68 ; 2,71 ; 1,42 el ar putea ajunge pînă la, respectiv, 35° , 21° și 42° .

Pentru a atenua cît mai mult diferența $\alpha_a - \alpha_m$, pentru a lărgi deci utilizarea MUF, E. S. Fedorov a înlocuit aerul printr-un mediu de observație cu refringență mai ridicată, utilizînd doi segmenti emisferici de sticlă care se aplică deasupra și dedesubtul preparatului; de utilizarea unor segmenti din sticlă cu refringență cît mai apropiată de aceea a mineralului, depinde reducerea la minimum a unghiului format de cele două direcții.

Condiția ca refringența mineralului să fie identică cu aceea a segmentului $N_m = N_s$ nu poate fi, bineînțelea, îndeplinită decît în cazul mineralelor izotrope; în rest, se menține totdeauna o diferență oarecare între direcțiile geometrică și efectivă de observație, a cărei valoare este $\alpha_s - \alpha_m$ (fig. 8).

Pentru mineralele anizotrope nu există, vorbind în sens strict, nici măcar posibilitatea principală de a înlătura diferența dintre direcția efectivă de observație și direcția geometrică. Din cauza dublei lor refractions, în cazul mineralelor anizotrope, unei direcții sau unui plan stabilit în segment îi corespund totdeauna două direcții, sau două plane, în mineral. Deși în lucrările care se execută cu MUF operația fundamentală este aceea de stabilire a poziției planelor de simetrie optică în cristale, efectele acestui fenomen se neglijeză, de obicei, ele fiind destul de reduse, pentru a nu influența în mod sensibil rezultatele; există însă și posibilitatea ca prin operații ajutătoare să se reducă la minimum diferențele născute în acest mod.

Dacă diferența maximă de refringență în cadrul unui mineral anizotrop nu este prea mare — $N_\gamma - N_\alpha < 0,02$ — și valoarea refringenței

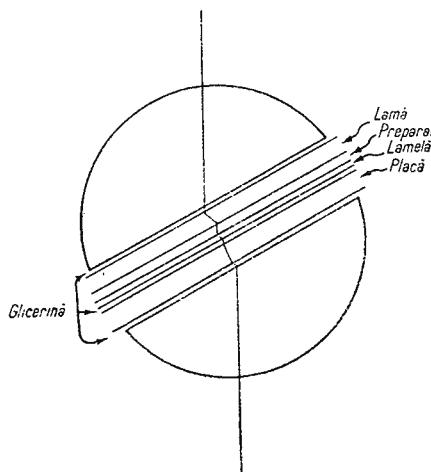


Fig. 8. — Drumul fascicolului de raze în ansamblul preparat-segmenti.

segmentului se plasează între N_y și N_x , unghiul pe care îl fac cele două direcții, geometrică și efectivă de observație, este destul de mic pentru a putea fi neglijat. În toate celelalte cazuri sunt necesare anumite corecții ale datelor care se obțin cu MUF; asupra lor se va reveni, în continuare.

Pentru ca utilizarea segmentilor emisferici să dea rezultatele dorite, este necesar să se ia și alte precauții în afara alegerii unei refringențe cît mai apropiate de aceea a mineralului. Segmentii nu aderă perfect pe suprafețele preparatului și nici acesta pe placă de sticlă a MUF, fapt care face să rămînă în drumul fascicolului de raze mai multe pături de aer, în care refracțiile continuă să se producă cu aceeași intensitate. Pentru înălțarea acestui neajuns, între segmentul superior și preparat, între acesta și placă de sticlă a MUF și între placă și segmentul inferior se pun cîteva picături de glicerină, mediu cu refringență mai mare decit a aerului, apropiată de aceea a sticlelor obișnuite. În felul acesta, observația se face acum asupra unui ansamblu de doi segmenti între care se găsește un sistem de lame paralele, constituit din glicerină, lamă, lamelă, balsam de Canada, mineral.

Rolul segmentului inferior este numai de a aduce în coincidență cu direcția de observație razele luminoase care vin de la sursă. Sistemul glicerină, sticlă etc., deși constituit din substanțe cu refringențe deosebite între ele, nu afectează direcția de propagare a fascicolului, deoarece ele sunt limitate de suprafețe plane paralele și refringența mediului inițial și final este aceeași (glicerină); după trecerea prin acest sistem, fascicolul este numai deplasat lateral, paralel cu direcția inițială (fig. 8). Această situație se realizează însă în mod perfect dacă sistemul de lame paralele este simetric față de centru: pentru aceasta, placă de sticlă a MUF trebuie să aibă grosimea asemănătoare cu aceea a lamei preparatului, iar acesta trebuie așezat pe placă MUF cu lamela în jos; în felul acesta ia naștere un centru de simetrie, plasat aproximativ în interiorul mineralului din secțiune.

Segmentului superior îi revine în întregime rolul de a aduce cît mai aproape de coincidență direcția geometrică și cea efectivă de observație; prin aceasta el permite o justă apreciere a observațiilor efectuate, și mărește—în același timp—unghiul maxim de inclinare, pentru care MUF rămîne utilizabilă. Prezența segmentului superior are, în fine, și o a treia repercusiune asupra modului de observație: el ridică puterea de mărire a sistemului optic. În asemenea condiții, puterea de mărire a întregului sistem este dată de produsul dintre puterea de mărire a microscopului și refringența segmentului:

$$X = M \times N_s$$



Deși puterea de mărire a sistemului optic este ridicată în acest fel, problema măririi se pune foarte acut în cercetările cu MUF. Prezența segmentului superior limitează utilizarea obiectivelor; în mod normal nu poate fi folosit decât un obiectiv cu putere de mărire 6x, deoarece pentru toate celelalte, distanța de punere la punctul imaginii este mai mică decât raza segmentului.

În unele construcții mai vechi, se obișnuia ca segmentul superior să aibă o rază mult mai mică decât cel inferior, fapt care permitea utilizarea unor obiective mai puternice, dar numai pentru inclinări reduse.



Mesele universale au, de obicei, două perechi de segmenti; una cu refringență de cca 1,56 pentru determinarea feldspațiilor plagioclazi și o a doua cu refringență de cca 1,65 pentru studiul piroxenilor și amfibolilor. Mesele mai bine echipate au și o a treia parechă de segmenti cu refringență de cca 1,52 pentru studiul feldspațiilor potasici.

CORECȚIILE MĂSURĂTORILOR EXECUTATE CU MUF

Deoarece mesele universale nu au decât două, cel mult trei perechi de segmenti, în majoritatea cazurilor există o diferență apreciabilă între refringența mineralului studiat și a segmentelor utilizati; în toate aceste situații, este absolut necesar ca unghiurile măsurate cu MUF să fie corectate, pentru că observațiile care se fac să fie raportate la direcția reală din mineral și nu la direcția abătută din segment.

Relația între direcția efectivă de observație și aceea geometrică este exprimată prin egalitatea :

$$N_m \sin \alpha_m = N_s \sin \alpha_s$$

în care α_m și α_s sunt unghiurile pe care le fac cele două direcții cu normala la preparat (fig. 6). Direcția α_m — cea care interesează în locul direcției α_s , dată de citirea la MUF — este determinată prin valoarea $\sin \alpha_m = \frac{N_s}{N_m} \sin \alpha_s$, N_s , $\sin \alpha_s$ și N_m fiind cunoscute. În mod obișnuit, rezolvarea acestei ecuații se face pe cale grafică, cu ajutorul a diverse nomograme; mai rar, se dau tabele cu corecțiile necesare pentru fiecare diferență de refringență a unghiului de înclinare.

O primă rezolvare grafică a acestei ecuații a fost dată încă de E. S. Fedorov. Nomograma sa este alcătuită dintr-un sector de cerc de 90° , împărțit în grade de la extremitatea razei orizontale 0° la aceea a razei verticale 90° (pl. I), reprezentând toate inclinările principale posibile.



Cercuri concentrice interioare marchează valori pentru $\frac{N_s}{N_m}$ cuprinse între 1 și 2 ; de remarcat însă că în cazul în care $N_m > N_s$, se folosește valoarea $\frac{N_m}{N_s}$ (raportul $\frac{N_m}{N_s}$ sau $\frac{N_s}{N_m}$ trebuie să fie totdeauna mai mare decât unitatea). Din punctul de pe circumferință, care reprezintă valoarea măsurată a unghiului ce trebuie corectat ($\angle A_1 A_5$ în cele mai multe cazuri, mai rar $\angle A_3 A_5$) se merge spre interior de-a lungul razei — dacă $N_m < N_s$ — pînă se intersectează cercul care reprezintă valoarea raportului $\frac{N_m}{N_s}$; de aici se revine la exterior urmărind orizontală care trece prin punctul de intersecție, obținîndu-se pe circumferință valoarea corectată a unghiului. Dacă $N_s > N_m$, se procedează invers, plecînd de la exterior în lungul unei linii orizontale și revenind de-a lungul unei raze.

O altă rezolvare grafică se dă sub forma unei nomograme foarte asemănătoare ca aspect. Construcția generală este aceeași, dar cercurile interioare reprezintă valori ale refringenței cuprinse între 1 și 2 (pl. II). Corecția unghiurilor se face în modul următor : de la exterior, plecînd din punctul care reprezintă pe circumferință unghiul citit la MUF, se urmărește raza cercului pînă la intersecția cu cercul corespunzător refringenței mineralului ; de aici, se urmează o linie orizontală pînă la punctul unde se întâlnește cercul reprezentînd valoarea refringenței segmentului și, în continuare, se revine la exterior, pe raza care trece pe aici ; punctul corespunzător de pe circumferință reprezintă valoarea corectată a unghiului. Procedeul este identic pentru ambele cazuri $N_s > N_m$ sau $N_s < N_m$.

Pentru această a doua nomogramă există și o altă formă de prezentare (pl. III). Împărțirea arcului de cerc se face începînd de la extremitatea razei verticale 0° pînă la extremitatea razei orizontale 90° . În acest caz, după ce se urmărește raza pînă la valoarea N_m se merge de-a lungul unei linii verticale pînă la valoarea N_s .

Ambele tipuri de nomograme prezentate sunt foarte cuprinzătoare ; ele pot fi folosite pentru orice valori ale refringenței segmentelor și mineralului, și pentru orice valori ale unghiului de inclinare. Ele nu dă rezultate bune însă, decit pentru diferențe mari între N_m și N_s ; pentru diferențe mici, puterea lor de rezolvare este redusă. În afară de aceasta, pentru valori mari ale refringențelor, aprecierile sunt dificile și posibilitățile de eroare mai mari, deoarece se lucrează spre centrul cadranului de cerc care reprezintă nomograma, adică într-un spațiu foarte restrîns.

O serie de nomograme construite pe alt principiu dă rezultate excelente pentru valori $N_s - N_m$ ($N_m - N_s$) mici. Ele au însă dezavantajul că reprezintă, fiecare în parte, o situație specială din punct de vedere al





refringenței segmentului, așa încât pentru fiecare valoare N_m este necesară o altă diagramă. Cum însă MUF posedă două, cel mult trei perechi de segmenti, cu aceleași refringențe totdeauna, executarea a maximum trei nomograme este suficientă pentru toate cazurile.

Nomogramele sunt rectangulare (pl. IV); în abscisă sunt reprezentate unghiurile de înclinare, iar în ordonată valorile N_m . O serie de curbe cu aspect general divergent indică, fiecare, necesitatea scăderii sau adunării unui număr de grade, la valoarea unghiulară citită la MUF, pentru a fi corectă; curbele sunt trasate pentru fiecare jumătate de grad. Amplasarea punctului cu coordonate N_m și $A_1 A_5$ (sau $A_3 A_5$) pe una din aceste curbe indică sensul și valoarea corecției.

LIMITELE MECANICE ȘI OPTICE ALE UTILIZĂRII MUF

Înclinările care se pot da preparatului cu ajutorul MUF — teoretic posibile pînă la 90° — sunt limitate de mai mulți factori. Primul este de natură mecanică; pentru înclinări mari, unele piese metalice ale MUF ajung în cîmpul microscopului împiedicînd observația, sau, pur și simplu, înclinarea nu se mai poate face deoarece unul din cercurile mesei se lovește de obiectiv. În aceste situații se pot obține, totuși, cu aparatura utilizată astăzi, înclinări de cca 75° .

În realitate însă, la aceste înclinări preparatul nu mai poate fi examinat; fisurile de clivaj, spărturile, incluziunile se alătură și se suprapun în această poziție, iar preparatul ajunge aproape opac. Unghiul-limită de înclinare, covoară, în acest fel, sub 70° .

La micșorarea valorii lui, contribuie, în sfîrșit, fenomenul de reflexie totală, care, chiar dacă se folosește glicerina — așa cum s-a arătat mai sus — se produce în mod obișnuit pe la 60° . Această valoare reprezintă — în condiții obișnuite — înclinarea maximă sub care poate fi cercetat un preparat la MUF. Dacă se consideră însă că ea nu reprezintă direcția efectivă de observație în mineral, ci direcția geometrică, se ajunge la concluzia că, în mod normal, preparatul poate fi studiat în direcții care fac un unghi de cel mult 50° — 55° cu normala pe suprafață sa.

PUNEREA LA PUNCT A APARATURII

O exactă punere la punct a aparaturii înainte de a se începe determinările, reprezintă una din condițiile esențiale pentru obținerea unor rezultate bune cu MUF. Punerea la punct privește atît MUF cît și microscopul, și se referă la ambele lor părți — mecanică și optică. Este important să se rețină că, pentru precizia rezultatelor, o exactă punere la punct a



părții optice a aparaturii este mult mai însemnată decât ajustarea părților mecanice. În construcția ei de astăzi, MUF — ca și microscopul — oferă o precizie suficientă a mișcărilor diverselor lor părți, iar eventualele neregularități sănt, de obicei fără repercusiuni; în schimb, partea optică este mult mai suscepțibilă de a se deregla, și existența unor neexactități minime în acest domeniu are influențe mari asupra rezultatelor finale.

Centrarea mesci. MUF se fixează pe masa microscopului cu ajutorul a două șuruburi, după ce clamele acesteia au fost îndepărtate; masa microscopului se fixează în aşa fel ca axul A_4 să fie paralel cu observatorul, EV, tamburul său gradat găsindu-se la dreapta (E). După ce a fost fixată și placa de sticlă a MUF, pe aceasta se pune o secțiune, fără a se utiliza glicerină; secțiunea se prinde cu ajutorul segmentului superior.

Centrarea axelor A_2 și A_4 se face prin observarea comportării unui punct al secțiunii — care inițial se află în centrul firelor reticulare — la înclinări în jurul acestor axe. Dacă ele sănt centrate, punctul își păstrează poziția; în caz contrar, el pendulează în direcție EV sau NS. Obținerea poziției de ajustare, în acest ultim caz, se face prin rotirea inelului care se găsește pe partea inferioară a cercului mic al MUF; el ridică sau coboară ușor placă de sticlă pe care se găsește preparatul, aducîndu-l pe acesta chiar în punctul virtual de intersecție a celor patru axe.

Centrarea axelor verticale reprezintă aducerea la coincidență a axelor A_1 și A_3 (care coincid prin construcție) cu axul microscopului A_5 . Aceasta se obține prin mișcarea ușoară a MUF pe platina microscopului, în limitele permise de diferență de diametru dintre șuruburile de fixare și orificiile părții bazale a MUF, prin care trec acestea.

Poziția de înercurișare a nicolilor. Pentru a obține o exactă încrucișare a nicolilor microscopului, se procedează în modul următor: se prevește în microscop, fără obiectiv și ocular și se potrivește imaginea sursei luminoase în centrul cîmpului vizual. Prin introducerea nicolului analizor se obține întunecarea cîmpului; rotind nicolul polarizor în montura sa se caută poziția de maximă întunecare. Între centrul cîmpului și părțile sale periferice există aproape totdeauna ușoare diferențe; poziția de întunecare se apreciază prin considerarea centrului, și în această poziție se fixează nicolul polarizor.

Examinarea izotropiei obiectivului. Pentru constatarea izotropiei obiectivului se utilizează compensatorul Berek. După introducerea acestuia în tubul microscopului — nicolul analizor fiind și el introdus — în cîmpul microscopului apare o cruce întunecată; rotind obiectivul în suportul său,



se urmărește comportarea acestei cruci. Dacă lentilele obiectivului prezintă chiar numai foarte slabe fenomene de polarizație (diferență de drum de $1/4 \lambda$) crucea se dislocă în două brațe de iperbolă care se distanțează și se apropiu în direcțiile NE – SW și NW – SE, în cursul rotirii obiectivului; în cazul anisotropiei obiectivului se poate încerca o ameliorare a situației prin închiderea parțială a diafragmei sale (dacă posedă). Obiectivele pot fi utilizate în cercetările cu MUF numai dacă sunt complet izotrope sau prezintă o foarte slabă anisotropie.

Examinarea izotropiei segmentelor emisferici. Segmentii emisferici se examinează în mod asemănător; ei se aşeză pe masa microscopului, care se rotește. Limita maximă a diferențelor de drum pentru care anizotropia lor nu influențează rezultatele este de $1_{\mu\mu}$. Fenomenele de polarizație a segmentelor se datorează în cele mai multe cazuri eforturilor mecanice la care sunt supuși în cazul strângerii lor prea puternice la montarea preparatului; fixarea lor trebuie făcută totdeauna fără a-i forța. Anizotropia segmentelor se răsfringe atât asupra valorilor diferențelor de drum, în cazul măsurării birefringenței, cît și asupra valorii unghiurilor de extincție (se pot obține diferențe pînă la 15° față de unghiurile reale de extincție).

Pozitia firelor reticulare. Corespondența dintre direcțiile marcate de cele două fire reticulare și urmele planelor de vibrație ale celor doi nici se poate aprecia prin unul din următoarele două procedee.

1. Se examinează extincția unor cristale de minerale cunoscute ca având extincția riguros dreaptă; poziția de întunecare maximă trebuie să coincidă cu suprapunerea urmelor de clivaj sau a liniilor de contur peste firele reticulare. Această metodă nu este însă recomandabilă deoarece nu pot fi utilizate decât minerale care cristalizează în sistemul patratice sau hexagonal — deoarece cristalele rombice prezintă totdeauna și secțiuni în care extincția nu este dreaptă — iar dintre acestea numai puține au clivaj foarte bun, ale cărui urme să fie suficient de fine pentru a permite executarea acestei operații cu precizie.

2. Se alege un mineral cu clivaj foarte bun, care apare în secțiuni ca urme foarte fine; se utilizează de obicei gipsul. Față de unul dintre clivaje — indiferent care — se măsoară foarte exact extincția α_1 , într-un sens; se întoarce apoi secțiunea cu lamela în jos și se măsoară unghiul de extincție în sens invers, α_2 . Valorile α_1 și α_2 trebuie să fie riguros egale.



Fixarea poziției 0° a axului A_5 . Pentru a putea fi utilizată, MUF trebuie să fie fixată pe masa microscopului în aşa fel ca axul orizontal A_4 să fie perpendicular pe planul NS de vibrație al nicolilor microscopului, și cuprins în planul EV (să aibă adică poziția EV exactă). Pentru a obține această poziție se procedează în modul următor. După ce se fixează A_4 în poziție aproximativă EV, se aduc axele MUF $\alpha_2 = 0^\circ$, $\alpha_3 = 90^\circ$, $\alpha_4 = 0^\circ$; se ridică apoi tubul microscopului pînă cînd se pun la punct fire de praf de pe partea de sus a segmentului superior. Rotind apoi în jurul axului A_4 , se observă drumul pe care îl parcurge unul din granulele de praf din vecinătatea firului reticular vertical; dacă el se deplasează pe o linie paralelă cu firul reticular, A_4 este perpendicular pe planul de vibrație NS și masa microscopului se fixează în această poziție; în caz contrar, se obține această situație prin rotirea ușoară a mesei microscopului. O mai bună observație se face dacă firul de praf este adus cu ajutorul rotirii în jurul axului A_2 chiar pe firul reticular vertical și se urmărește apoi deplasarea lui în lungul acestuia. Justețea construcției MUF, face ca în această poziție, balansul în jurul axului A_2 să deplaseze firul de praf exact în lungul firului reticular orizontal.

În momentul începerii determinărilor, MUF se găsește deci în poziția $\alpha_1 = 0^\circ$, $\alpha_2 = 0^\circ$, $\alpha_3 = 90^\circ$, $\alpha_4 = 0^\circ$, $\alpha_5 = 0^\circ$.

Fixarea preparatului. Este preferabil ca preparatele care se studiază cu MUF să fie puțin mai groase decît normal; o grosime mai mare dă diferențe de drum mai mari, și deci mai ușor de măsurat și permite o mai justă punere la punct a urmelor de clivaj.

Segmentul inferior se fixează de partea de jos a plăcii de sticlă a MUF cu ajutorul glicerinei; el aderă foarte puternic aşa încît nu este nevoie de un mijloc special de susținere. Preparatul se pune pe partea superioară a plăcii de sticlă, cu lamela în jos; între ele se pun cîteva picături de glicerină, și, de asemenei, deasupra preparatului, între el și segmentul superior. Segmentul superior se fixează cu ajutorul a două șuruburi de cercul interior al MUF; șuruburile se lasă suficient de libere pentru a permite ușoara deplasare a preparatului sub segment. La modelele mai noi ale MUF, cele două șuruburi de fixare sunt prevăzute cu cîte un arc care elimină posibilitatea strîngerii prea tari a acestora, și deci a polarizării segmentului.

Huminarea microscopului. În cursul operațiilor cu MUF, microscopul trebuie să fie foarte bine luminat; nu se poate lucra, din această cauză, decît cu o sursă artificială de lumină, de preferat foarte puternică, cu atît mai necesară cu cît rezultate optime se obțin mai ales în cazul utilizării



unei aperturi mai mici. Poziția de centrare a sursei luminoase în cîmpul microscopului se controlează, prin introducerea lentilei Amici — Bertrand. Pentru a elimina reflexele numeroase care iau naștere în segmenti prin intervenția razelor luminoase laterale, este recomandabil să se lucreze în semiobscuritate.

UTILIZAREA REȚELEI VULF

Măsurările executate cu MUF, privesc poziția în spațiu a elementelor optice și geometrice ale cristalelor; cu ajutorul rețelei Vulf aceste date pot fi reprezentate în mod convenabil în plan, conform principiilor proiecției stereografice.

Pentru obținerea unor rezultate suficient de exacte se utilizează o rețea cu diametrul de 20 cm (pl. XXI); la această dimensiune aprecierea unghiurilor poate fi făcută cu ușurință pînă la 1° .

Cele mai frecvente operațiuni care se execută cu ajutorul rețelei Vulf în cadrul determinărilor cu MUF sunt următoarele :

Determinarea unghiului format de două direcții. În proiecția stereografică liniile (direcțiile) sunt reprezentate prin puncte (dacă ele nu sunt orizontale); distanța, pe rețea, între două asemenea puncte reprezintă deci unghiul real dintre direcțiile proiectate.

Pentru măsurarea acestor distanțe, proiecțiile respective se aduc — prin rotirea rețelei — pe un același meridian, pe care apoi se măsoară distanța unghiulară; pe acest meridian se poate măsura și unghiul complementar dacă traseul urmat trece prin cei doi poli ai rețelei.

Determinarea unghiului format de două plane. În majoritatea cazurilor, unghiul format de două plane se apreciază prin unghiul format de normalele la ele (fără a se pierde din vedere că acesta îi este suplimentar), ceea ce revine — pe rețea — la măsurarea distanței unghiulare între două puncte.

Dacă planele sunt deja reprezentate pe proiecție, se pot proiecta și normalele lor (polii lor, la 90°), măsurîndu-se apoi unghiul acestora. În fine, unghiul diedru poate fi măsurat și ținîndu-se seama că, el trebuie măsurat în planul perpendicular pe linia de intersecție a celor două plane (muchia unghiului); pentru aceasta, se construiește la 90° de punctul de intersecție, cercul de cerc care reprezintă acest plan și pe el, se măsoară distanța între punctele determinate de intersecția lui cu cele două plane care formează unghiul.



Determinarea locului geometric al proiecțiilor direcțiilor care fac un același unghi cu o direcție dată (construirea unui cerc mic). Problema constă în găsirea tuturor punctelor situate la o aceeași distanță unghiulară de punctul-proiecție a direcției date.

Dacă punctul dat se găsește pe cercul mare al proiecției, construcția este foarte ușoară : se aduce acest punct în coincidență cu unul din polii

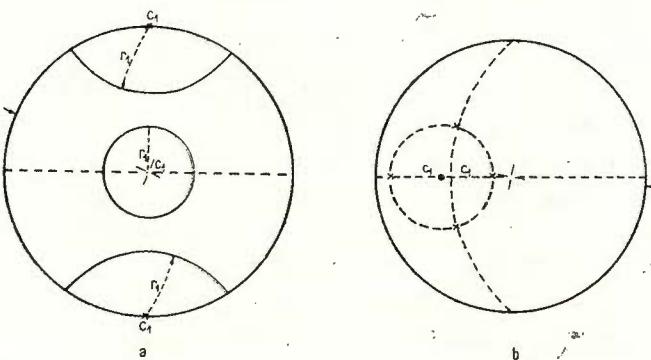


Fig. 9. — Construirea unui cerc mic în proiecție stereografică.

rețelei și la distanța unghiulară cerută se trasează paralele corespunzătoare (fig. 9a) ;

Dacă punctul dat se găsește în centrul proiecției (centrul cercului mic coincide cu centrul cercului de proiecție), se trasează în jurul lui un cerc a cărui rază reprezintă distanța unghiulară cerută, măsurată pe ecuatorul rețelei (fig. 9a) ;

Dacă punctul dat are o poziție oarecare în interiorul cercului de proiecție, se procedează în modul următor : se aduce punctul pe ecuatorul rețelei și se măsoară de la el — atât pe ecuator cât și pe meridianul pe care se găsește — distanța unghiulară cerută ; se obțin în felul acesta 4 puncte prin care se trasează cercul. În această situație, centrul circumferinței obținute nu coincide cu proiecția direcției, cu punctul dat (fig. 9b).

Rotirea stereogramelor. Deoarece la fiecare stereogramă care se obține, planul de proiecție este planul preparatului, compararea mai multor stereograme nu se poate face decât după ce toate au fost, în prealabil, aduse la același plan de proiecție ; rotirea stereogramelor, schimbarea planului lor de proiecție, este una din cele mai frecvente operații necesare în determinările cu MUF.

Schimbarea planului de proiecție se face prin rotirea tuturor punctelor pe care le conține stereograma cu unghiul necesar pentru a aduce în

planul desenului, planul dorit. După ce se stabilește valoarea unghiului de rotație și sensul acesteia, deci axa de rotație, diametrul meridian al rețelei se așază în poziția acestei axe și toate punctele proiecției sunt deplasate pe paralele, cu unghiul și în sensul respectiv. În cazul în care unul din puncte reprezentând proiecția unei direcții (nu a unei fețe !) ar trebui să iasă din cadrul proiecției, mișcarea sa este continuată cu numărul de grade necesar, pe paralela corespunzătoare din cadranul opus (în diagonală).

În cele mai multe cazuri însă, operația de rotație se face mult mai simplu, întrucât se cunoaște poziția nouă pe care trebuie să o aibă unul din punctele proiecției — spre exemplu, pe circumferință — după rotire. Acest punct se aduce pe diametrul orizontal — paralelă și este deplasat pînă în noua poziție, de-a lungul unei paralele ; pe traseul paralelelor, toate celelalte puncte ale proiecției suferă o mișcare de aceeași amplitudine.

În noua stereogramă obținută, unghurile dintre diversele elemente trebuie să aibă aceleași valori ca în stereograma inițială.



La trecerea datelor pe stereogramă trebuie să se țină totdeauna seama de sensul în care au fost executate mișările preparatului cu MUF, deoarece, stereograma reprezentănd — în forma ei finală — poziția diverselor elemente optice și geometrice proiectate pe planul preparatului în poziția inițială a acestuia, fixarea elementelor va trebui totdeauna făcută în sensul opus aceluia în care au fost rotite cercurile MUF. Detalii asupra acestei probleme vor fi date în continuare.

CONSIDERAȚII GENERALE ASUPRA MUF

Înainte de a trece la examinarea modului de lucru, este utilă o recapitulare a caracterelor MUF, a particularităților privind modul de lucru derivate din ele, a obiectivelor și posibilităților sale.

MUF prezintă două caractere esențiale : posibilitatea aducerii preparatului în diverse poziții în spațiu, și posibilitatea examinării lui în aceste situații, datorită prezenței segmentelor emisferici.

Acste două trăsături determină, atît prin latura lor teoretică cît și prin cea practică de construcție, o serie de particularități privind observațiile cu MUF :

a) Unghiul maxim pentru înclinarea preparatului este determinat de raportul indicilor de refracție ai mineralului, lichidului și segmentelor ; el ajunge, în mod practic, la 55° .



b) Prezența emisferelor de sticlă face imposibilă utilizarea obiectivelor puternice și, prin aceasta, în foarte multe cazuri nu permite studiul în lumină convergentă.

c) Din cauza construcției, distanța dintre preparat și condensor este foarte mare, fapt care face necesară utilizarea unor lentile condensoare speciale.

d) Distanța mare de la oglindă la preparat face necesară utilizarea unor surse luminoase puternice; rezultate bune se obțin utilizând fascicole de raze paralele (partea plană a oglinzii).

Prin studiul cu MUF se urmărește determinarea completă a orientării optice a mineralelor în secțiuni subțiri, în vederea identificării lor. Determinarea orientării optice include :

- a) Determinarea poziției direcțiilor N_α , N_β , N_γ ;
- b) Determinarea poziției axelor optice A și B;
- c) Determinarea unghiului axelor optice' $2V$;
- d) Determinarea poziției diverselor elemente cristalografice.

MUF permite obținerea tuturor acestor date, precum și a numeroase altele. Ea are cea mai largă utilizare în determinarea feldspațiilor plagioclazi, dar în mod asemănător servește la determinarea termenilor intermediari din alte serii izomorfe (piroxeni, amfiboli).

MUF dă rezultate la fel de bune și în probleme generale privind toate celelalte minerale; astfel, ea permite :

- a) Determinarea anizotropiei mineralelor, în cazul în care se prezintă în secțiuni perpendiculare pe direcțiile de monorefringență;
- b) Determinarea caracterului uniax și biax, în orice situație;
- c) Determinarea valorii unghiului $2V$ prin măsurători directe sau indirecte;
- d) Măsurarea birefringenței în plane date;
- e) Măsurarea unghiului de extincție pe anumite fețe.

MUF a permis, în sfîrșit, dezvoltarea capitolului nou și deosebit de interesant al petrografiei, „analiza structurală”, examinarea orientării în spațiu a elementelor mineralogice ale rocilor.

BIBLIOGRAFIE

- Berek, M. (1924). Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe der Universaldrehtischmethoden. Berlin.
- Berek, M. (1949). Grundsätzliches zur Bestimmung der optischen Indikatrix mit Hilfe des Universaldrehtisches. *Schw. Min. Petr. Mitt.* 29.
- Burri, C. (1950). Das Polarisationsmikroskop. Basel.



- Fedorov, E. S. (1891). Eine neue Methode der optischen Untersuchung von Krystallplatten in parallelem Lichte. *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, 12.
- Fedorov, E. S. (1893). La méthode théodolite en minéralogie et pétrographie. *Trav. Com. géol. de Russie*, 10, 2.
- Fedorov, E. S. (1895). Die einfachste Form des Universaltischchens. *Zeil. Krist.* 24.
- Nikitin, W. W. (1914). La Méthode universelle de Fedoroff. Genève, Paris.
- Reinhard, M. (1931). Universaldrehtischmethoden. Basel.
- Rosenbusch, H. (1924). Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. B.I. Stuttgart.
- Tröger, W. W. (1939). Nomogramme zur Reduktion von Kippenwinkeln am Universal-drehtisch. *Zblatt. M.G.P.* Abt. A.
- Winchell, A. N. (1935). Elements of optical mineralogy. B.I. New York.
- Белянкин Д. С., Петров, В. П. (1951). Кристаллооптика. Москва.
- Соболев, В. С. (1954). Федоровский метод. Москва.





Institutul Geologic al României

PARTEA II

METODICA GENERALĂ A DETERMINĂRILOR

Scopul principal al examinării mineralelor cu MUF este determinarea poziției indicatricei acestora și, prin aceasta, identificarea lor. Indicatricea este determinată totdeauna prin cele trei plane de simetrie optică pe care le formează direcțiile N_α , N_β , N_γ (la cristalele uniaxe situația este mult simplificată) iar poziția ei este raportată la elementele geometrice ale cristalelor, plane de clivaj, de concreștere etc. Principal, determinările clasice cu MUF constau deci în fixarea poziției relative a unor plane de simetrie optică, de clivaj etc.

DETERMINAREA POZIȚIEI PLANELOR DE CLIVAJ ȘI DE CONCREȘTERE

În mod obișnuit — în situația în care se găsește secțiunea în momentul începerii determinării — un plan de clivaj se găsește într-o poziție oarecare față de planul principal NS al microscopului (a, fig. 10); el este atât rotit cît și înclinat față de acesta. Determinarea poziției planului de clivaj înseamnă determinarea mișcărilor ce-i trebuie imprimate pentru a-l aduce într-o poziție cunoscută, aceea NS de vibrație a unui nicol. Această situație se obține în urma a două mișcări :

a) Prin rotirea preparatului în jurul axului A_1 , urma clivajului se aduce paralelă cu firul reticular NS (b fig. 10); în acest moment, planul de clivaj intersectează planul NS al microscopului în lungul unei drepte orientate NS și paralele cu firul reticular corespunzător. Pe cercul mic reperul arată α .

b) Printr-o înclinare în jurul axului A_2 planul de clivaj poate fi adus la verticalitate, în coincidență cu planul NS al microscopului (c, fig. 10). Poziția de verticalitate a planului de clivaj se recunoaște prin faptul că, în această situație, urma lui apare foarte fină și netă (lărgimea cea mai redusă). Prin ușoara ridicare și coborâre a tubului microscopic se execută controlul poziției; dacă planul de clivaj este încă înclinat, la



mișcarea tubului microscopic urma să pare că se deplasează lateral, deoarece se pun la punct, succesiv, alte nivele ale pereților înclinați ai fisurei; în caz contrar, nu se observă deplasarea imaginii. În această poziție, citirea pe brațul stîng sau drept al MUF dă valoarea α_2 și sau α_2 .

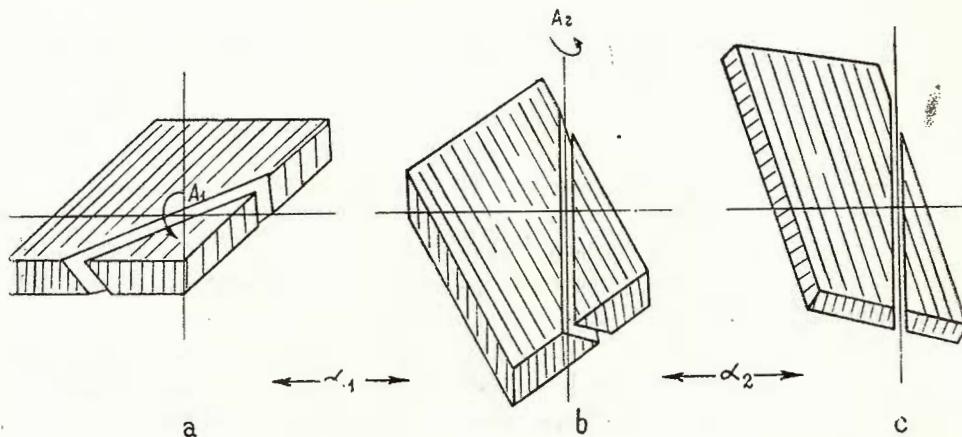


Fig. 10. — Aducerea unui plan de clivaj (sau de simetrie optică) în poziție verticală NS.

Cele două coordonate α_1 și α_2 fixează cu exactitate poziția planului de clivaj; ele sunt folosite la proiectarea acestuia — sau a polului său — în stereogramă. Dacă refringența mineralului este mult diferită de refringența segmentelor emisferici, se fac corecțiile necesare, după una din metodele expuse.

Pentru obținerea poziției unui plan de concreștere la macle, se procedează în același mod, cu deosebirea că se lucrează în nicoli încrucișăți.

În determinarea poziției planelor de clivaj și concreștere nu se obțin rezultate bune decât dacă iluminarea preparatului este ireproșabilă (vezi mai sus).

DETERMINAREA POZIȚIEI INDICATRICEI UNUI CRISTAL BIAX

Determinarea poziției indicatricei unui cristal biax se realizează cu ajutorul MUF, prin determinarea poziției pe care o ocupă în spațiu cele trei axe ale sale N_α , N_β , și N_γ (este util să se reamintească faptul că aceste trei direcții determină, două căte două, trei plane de simetrie optică perpendiculare între ele și că poziția acestora determină, de asemenea, poziția indicatricei). Metoda clasică Fedorov de determinare a poziției direcțiilor N_α , N_β și N_γ se bazează pe următoarea teoremă :

un ax de simetrie al indicatriei este, în același timp, ax de simetrie pentru oricare din secțiunile indicatriei ce trece prin el (aceste secțiuni sunt elipse și direcția respectivă constituie unul din axele elipsei).

Teorema inversă, la fel de importantă, arată că :

Orice diametru al elipsoidului, care nu este ax de simetrie al indicatricei poate fi ax de simetrie pentru o singură secțiune ce trece prin el (o secțiune eliptică avind această direcție drept ax).

O secțiune oarecare ce trece prin axul N_β (fig. 11) are cele două axe de simetrie unul chiar N_β și al doilea o dreaptă perpendiculară pe el în planul $N_\alpha N_\gamma$, notată N_1 în figură. N_β este în mod asemănător, ax de simetrie pentru oricare din secțiunile care trec prin această direcție. Direcția N_1 nu este însă ax de simetrie decât pentru această singură secțiune ce trece prin el, pentru secțiunea care îl cuprinde și pe N_β . Aceeași situație se constată și la secțiunile ce trec prin N_α sau N_γ . MUF dă posibilitatea să se identifice dacă o direcție oarecare din preparat este ax de simetrie pentru mai multe secțiuni ale indicatricei — și deci ea este N_α , N_β sau N_γ — sau dacă ea nu joacă acest rol decât pentru o singură secțiune — caz în care ea este o direcție arbitrară. Se înțelege ușor că dacă N_1 este o direcție oarecare, atunci cînd va fi adusă în coincidență cu axul A_4 , la rotirea în jurul acestuia, perpendicular pe axul microscopului vor apărea o serie de secțiuni ce trec prin N_1 dar numai una dintre ele va avea ca ax de simetrie această direcție. Dacă, dimpotrivă, direcția adusă în coincidență cu axul A_4 este un ax de simetrie al indicatricei, la rotirea în jurul acestuia toate secțiunile aduse în poziție perpendiculară pe axul microscopului vor avea ca ax de simetrie direcția A_4 .

Prin observația în lumină polarizată, în nicii încrucișăți, se poate identifica foarte ușor dacă direcția adusă în coincidență cu axul A_4 este un ax de simetrie al indicatricei sau este o direcție oarecare, deoarece perpendicular pe axe de simetrie ale indicatricei se găsește totdeauna un PSO¹⁾. Un PSO are proprietatea că pentru toate razele normale cuprinse în el, cele două direcții de vibrație sunt una în planul lui și una perpendicular pe el. Drept consecință, dacă un PSO intersectează cele

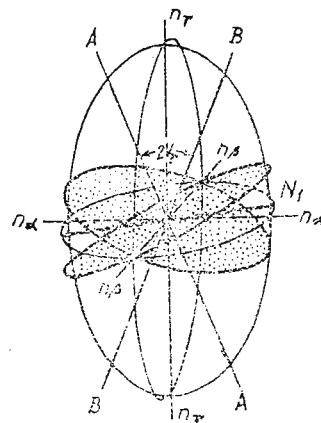


Fig. 11. — Indicatricea unui cristal biax.

¹⁾ Planele de simetrie optice ale indicatricei vor fi notate în continuare cu PSO.

două plane de vibrație ale nicolilor într-un mod oarecare (a, fig. 10) preparatul se găsește în poziție de iluminare; dacă PSO este numai înclinat, nu și rotit, față de un plan de vibrație al nicolilor (dacă adică, intersecția lui cu acest plan se face după o dreaptă paralelă cu unul din firele reticulare, b, fig. 10, sau dacă PSO coincide cu planul de vibrație al unui coloană, c, fig. 10) preparatul este în poziție de extincție. În primele două situații, în coincidență cu axul A_4 se găsește o direcție oarecare; rotirea preparatului în jurul acestuia are ca efect pierderea extincției — în al doilea caz — deoarece se ajunge în situații de tipul celor figurate în a, fig. 10 — și păstrarea luminozității — în primul caz — eventual cu obținerea unui moment de extincție, dacă se ajunge într-o situație de tipul celei figurate în b fig. 10. Dacă însă PSO se găsește în perfectă coincidență cu planul de vibrație NS al unui coloană (c, fig. 13), perpendicular pe el și deci în coincidență cu axul A_4 , se găsește un ax de simetrie al indicatricei, una din direcțiile N_α , N_β sau N_γ ; la rotirea în jurul axului A_4 relațiile de simetrie rămân aceleași, PSO rămîne în coincidență cu planul de vibrație al coloanei și preparatul își păstrează extincția.

Pe baza celor expuse, determinarea poziției unui PSO se face prin aducerea lui în coincidență cu planul de vibrație NS, în modul următor:

În mod obișnuit, un PSO al indicatricei se găsește într-o poziție oarecare față de planele de vibrație ale nicolilor, în momentul începerii observației; el este atât rotit cât și înclinat față de planul NS¹⁾ (a, fig. 10). Prin rotirea în jurul axului A_1 preparatul se aduce la extincție, moment în care PSO se găsește numai înclinat față de planul de vibrație al nicolilor (b, fig. 10) sau în completă coincidență cu el (c, fig. 10) dacă, cumva, se pornise de la o situație de verticalitate a PSO. Balansarea în jurul axului A_4 arată, dacă extincția se menține în mod complet, că PSO este deja în coincidență cu planul de vibrație NS, adică inițial el a fost în situația specială de a fi numai rotit, nu și înclinat față de planul de vibrație; în majoritatea cazurilor însă extincția nu se păstrează, ceea ce arată că PSO nu este în coincidență cu planul de vibrație NS al nicolilor, ci se găsește în situația figurată în b, fig. 10.

În acest caz, pornind de la poziția de iluminare maximă care se poate obține prin rotire în jurul axului A_4 , se înclină preparatul în jurul axului A_2 pînă la obținerea extincției; principal, în acest moment PSO

²⁾ În discuția care urmează referirile se fac, pentru simplificare, numai la planul de vibrație NS al nicolilor; se înțelege însă că situația rămîne aceeași și dacă poziția PSO se referă la planul de vibrație EV, deoarece perpendicular pe un PSO se găsește totdeauna un alt PSO, adică apare în orice imprejurare o situație ca aceea descrisă, chiar dacă s-a pornit de la un alt PSO.



trebuie să fie în coincidență cu planul de vibrație NS. În realitate însă, deoarece în cele mai multe cazuri iluminarea maximă de la care se pornește nu reprezintă chiar poziția în care apare înclinarea maximă a PSO față de planul de vibrație al Nicolului — ca urmare a imposibilității de a obține absolut orice poziție în jurul axului A₄ — în urma înclinării în jurul axului A₂ nu se obține perfectă coincidență a celor două plane; aceasta se concretizează în faptul că, rotind din nou în jurul axului A₄ — după executarea înclinării în jurul axului A₂ — se produce o iluminare de o intensitate oarecare. Poziția justă se obține prin mici corecturi ale extincției cu ajutorul rotirilor în jurul axelor A₁ și A₂, adică prin executarea, în continuare, a unor acelorași operații ca cea inițială. În momentul în care, la orice rotire în jurul axului A₄ se păstrează extincția, PSO este în perfectă coincidență cu planul de vibrație NS; în această situație se fac citirile α_1 — în jurul axului A₁ — și α_2 — în jurul axului A₂ — ținând seama, la aceasta din urmă, în ce parte se face înclinarea, la stînga sau la dreapta, pentru a ști în ce parte este înclinat PSO față de planul preparatului.

În mod normal, trebuie să se înceapă cu determinarea poziției aceluia PSO care este mai puțin înclinat față de planul preparatului; pentru aceasta, se încearcă amîndouă pozițiile de inițială extincție a preparatului (în jurul axului A₁) și se alege aceea care prin rotire în jurul axului A₄ prezintă o iluminare mai redusă.

După determinarea poziției unui PSO este necesar să se identifice de care anume plan este vorba sau, ceea ce revine la același lucru, care este direcția perpendiculară pe el. Pentru aceasta, pornind de la poziția $\alpha_1 - \alpha_2$ obținută se rotește masa microscopului cu 45° în jurul axului A₅, pînă ce axul A₄ ajunge în direcție NV — SE, preparatul fiind deci la iluminare maximă; în această situație PSO se găsește în poziție verticală orientată SV — NE. Rotind în jurul axului A₄, cît mai mult posibil în ambele părți, se pot prezenta două situații :

a) Preparatul se întunecă în una sau două poziții bine definite, fapt care indică prezența axelor optice în poziție de coincidență cu axul microscopului; aceasta înseamnă că planul determinat este planul axelor optice și direcția N_β corespunde cu axul A₄. În pozițiile de întunecare se fac citirile α_4 și α'_4 , determinîndu-se astfel unghiul 2E

b) Preparatul nu se întunecă în nici o poziție; planul determinat nu este plan al axelor optice. Direcția perpendiculară pe el (direcția axului A₄) se identifică cu ajutorul lamei de gips; adunarea efectelor îl indică pe N_α iar scăderea pe N_γ.

Se poate întâmpla, la un unghi al axelor optice mic, dacă bisectoarea obtuză este aproape normală față de planul preparatului, ca acestea



să nu poată fi aduse în coincidență cu axul microscopului, și deci să nu se obțină poziții de extincție; prezența lor este însă indicată de scădereea sensibilă a culorilor de interferență în vecinătatea acestor direcții.

După determinarea unui al doilea PSO, prin același procedeu, pornind de la cealaltă poziție de extincție, datele obținute se trec în proiecția stereografică, corectate în modul în care diferențele de refringență o fac necesară. În mod obișnuit, al treilea PSO este foarte inclinat față de planul preparatului și nu poate fi prins în limita mișcărilor posibile cu MUF.

Trecerea datelor în proiecția stereografică. Pe rețeaua Vulf care se utilizează, se notează, începînd de la polul sud și în sensul direct — așa cum sunt și gradațiile cu ajutorul cărora se măsoară unghiurile α_1 la MUF — punctele 0° , 180° , 270° ; hîrtia transparentă se fixează în centru și pe ea se trasează circumferința.

Planul de proiecție al stereogramei care se întocmește este planul preparatului, așa încît ideea care trebuie urmărită în trecerea datelor de măsurătoare pe proiecție este aceea de a înfățișa elementele identificate prin rotiri și înclinări, în poziția pe care ele o au în situația inițială a secțiunii. Pentru proiectarea acestor elemente se vor nota pe stereogramă înclinări și rotiri egale cu cele măsurate dar în sens invers, pentru a se reveni, în acest fel la poziția inițială.

Să presupunem că un PSO a fost identificat prin coordonatele α_1 și α_2 ; α_1 se citește totdeauna nu numai ca valoare a unghiului de rotire, exemplu 25° , ci, pentru a reda și sensul rotirii, ca gradația pînă unde s-a executat rotirea, exemplu 335° , iar la α_2 se reține partea în care s-a făcut citirea. Pentru proiectarea acestui PSO indexul 0° al hîrtiei transparente se plasează peste valoarea α_1 , citită pe rețeaua stereografică. În acest moment urma de intersecție a PSO cu planul stereogramei se află în direcție NS. PSO s-a dovedit a fi însă și inclinat față de planul secțiunii cu unghiul α_2 . Pe ecuator, pornind de la centru spre stînga sau spre dreapta, după cum citirea unghiului s-a făcut pe brațul stîng sau drept al MUF, se marchează un număr de grade egal cu α_2 (a se reține faptul că pe proiecție se notează în partea în care cercul interior + intermediar a fost ridicat); prin acest punct se duce meridianul respectiv care constituie proiecția PSO. La 90° de el pe ecuator, se notează proiecția polului acestui plan, care este, în același timp, și proiecția direcției principale perpendiculare pe el.



Dacă PSO identificat a fost planul axelor optice, se marchează pe el și poziția axelor optice prin valorile α_4 și α'_4 , de o parte și de alta a ecuatorului.

În mod identic se face și proiecția celui de al doilea PSO. El va trebui să treacă prin polul celui dintâi, adică prin direcția principală identificată, iar polul său, direcția perpendiculară pe el, să cadă pe primul PSO.

Al treilea PSO se obține prin construcție, ca meridian care trece prin punctele ce reprezintă cele două direcții principale identificate; polul său trebuie să coincidă cu intersecția celor două prime PSO identificate. Dacă acest al treilea PSO nu este prea înclinat față de normala la preparat, el poate fi adus în poziție verticală, și, în felul acesta i se controlează poziția determinată grafic.

Trecerea datelor pe stereogramă se poate face și prin operația inversă, aceea de rotire a rețelei sub hîrtia transparentă care rămîne imobilă; în acest caz însă, notația gradelor trebuie făcută în sens indirect și, deoarece axul NS se deplasează din poziția normală, aprecierea părții „stînga” sau „dreapta” trebuie făcută cu atenție, ea putîndu-se transforma în realitate în „sus” și „jos” în aceste cazuri.

Verificarea exactității determinărilor. Greșelile cele mai frecvente, și în același timp cele mai importante, care se fac în cursul determinărilor cu MUF privesc valoarea α_2 ; ele sunt mult mai mari decât greșelile care se pot face în aprecierea valorii α_1 . Inexactitatea valorii α_2 este cu atât mai mare cu cât birefrigența mineralului este mai scăzută și, de asemenei, cu cât înclinarea preparatului este mai mare. Pentru o justă apreciere a extincțiilor este necesară utilizarea unui obiectiv cu apertura cât mai mică.

Exactitatea măsurătorilor poate fi apreciată, în momentul trecerii datelor pe proiecție, în legătură cu satisfacerea următoarelor condiții:

Direcțiile N_α , N_β , N_γ trebuie să cadă exact în PSO;

Unghiurile dintre ele trebuie să fie de 90° ;

Unghiul axelor optice trebuie să fie bisectat exact de N_α sau N_γ .

Trebuie să se remарce însă că proiecțarea polului unui al doilea PSO exact în cadrul celuilalt PSO determinat anterior, nu este o dovadă suficientă a preciziei măsurătorilor; această situație se obține datorită unei aprecieri bune a unghiului α_1 , dar tocmai α_2 care este mai suscepțibil de erori nu are nici o influență aici.

Recunoașterea cu ajutorul MUF a diverselor posibilități de prezentare a cristalelor biaxe în secțiuni subțiri. Elementele indicatricei cristalelor biaxe sunt cele trei direcții N_α , N_β , N_γ și cele două axe optice A



și B ; după poziția pe care ele o au față de planul preparatului, se disting trei posibilități principale de secționare :

O axă optică este perpendiculară pe preparat. Preparatul este în extincție, situație care se menține la rotirea în jurul axului A₁. La rotirea în jurul axelor A₂ și A₄ extincția se pierde, cu excepția momentelor în care PSO conținând axa optică coincide cu direcția de vibrație a unui nicol (EV pentru A₂ și NS pentru A₄).

O direcție principală N este perpendiculară pe preparat. Planul preparatului coincide cu un PSO iar celelalte două sunt perpendiculare pe el. Extincția obținută cu A₁ se menține la rotirea în jurul axului A₂ sau A₄.

Elementele indicatricei au o poziție oarecare. Extincția obținută cu A₁ nu se menține la rotiri în jurul axelor A₂ și A₄.

DETERMINAREA POZIȚIEI INDICATRICEI UNUI CRISTAL UNIAX

Indicatricea cristalelor uniaxe este un elipsoid cu două axe ; cu una dintre ele corespunde singura axă optică existentă. Aceasta înseamnă că indicatricele uniaxe posedă un număr infinit de PSO, toate planele care trec prin axa optică, deoarece toate direcțiile perpendiculare pe axa optică sunt echivalente între ele. Aceasta înseamnă, în continuare, că o extincție obținută prin rotație în jurul axului A₅ se menține totdeauna fie la înclinarea în jurul axului A₄, fie la înclinarea în jurul axului A₂; ceea ce este echivalent cu a spune că există oricând un PSO cu $\alpha_2 = 0$. În adevăr, la cristalele uniaxe extincția se obține în momentul în care direcția axei optice ajunge în unul din planele de vibrație ale Nicolilor ; rotirea preparatului în jurul axului perpendicular pe acest plan (A₂ sau A₄) nu scoate axa optică din planul NS sau EV și deci păstrează extincția.

Pentru a se obține siguranță, într-un asemenea caz, că este vorba în adevăr de un cristal uniax și nu de situația specială a unui cristal biax cu planele de simetrie optică corespunzînd cu planele de vibrație ale Nicolilor, se procedează în modul următor :

Dacă extincția se menține la rotația în jurul axului A₂, se rotește preparatul cu $\alpha_1 = 90^\circ$ și se constată din nou menținerea extincției în jurul axului A₄ (și invers, dacă inițial extincția se menținuse în jurul axului A₄). Se dă înclinarea $\alpha_2 = 30^\circ$, obținîndu-se în acest fel iluminare ; se aduce la extincție cu rotirea minimă în jurul axului A₁ și se controlează din nou cu axul A₄. Cristalele uniaxe își mențin extincția în această situație, deoarece axa optică a fost din nou adusă în planul de vibrație NS (fig. 12 c).



Recunoașterea diverselor posibilități de prezentare a cristalelor uniaxe în secțiuni subțiri. Elementul principal al indicatricei cristalelor uniaxe este axa optică; poziția sa față de planul preparatului determină trei posibilități de prezentare a acesteia :

Axa optică este perpendiculară pe preparat. Extincția se menține la rotirea în jurul axelor A_1 , A_2 și A_4 . După o rotire în jurul unui ax orizontal înclinarea în jurul celuilalt pierde însă extincția.

Axa optică este paralelă cu preparatul. După obținerea extincției prin rotire în jurul axului A_5 , aceasta se păstrează la rotiri în jurul axelor A_2 și A_4 . Își în acest caz, după o rotire în jurul unui ax orizontal, mișcarea în jurul celuilalt distrugă extincția.

Axa optică este înclinață față de preparat. După aducerea la extincție prin rotire în jurul axului A_1 , aceasta se păstrează numai la rotirea în jurul unuia din cele două axe orizontale.

EXAMINAREA SISTEMATICĂ A UNUI MINERAL PENTRU PRECIZAREA CARACTERULUI DE UNIAXIALITATE SAU BIAXIALITATE

Tinând seama de diversele poziții în care poate fi secționată indicatricea unui mineral, examinarea acestuia din punct de vedere al extincțiilor se poate face într-un asemenea mod încât, prin eliminare, să se precizeze caracterul său uniax sau biax. Schema prezentată în continuare este explicată și prin figura 12.

I. *Mineralul rămîne în extincție prin rotație în jurul lui A_1*

Se rotește în jurul lui A_4 cu 40° în fiecare parte.

- A) Extincția nu se menține : mineralul este .
- B) Extincția se menține.

A_4 se aduce la 0° și se înclină în jurul lui A_2 cu 40° .

a) Extincția se menține : mineralul este *uniax*.

b) Extincția nu se menține : mineralul este *biax*.

II. *Mineralul se aduce la extincție prin rotație în jurul lui A_1 .*

Se rotește în jurul lui A_4 cu 40° în ambele părți și se revine la 0° ; se rotește apoi în jurul lui A_2 în ambele părți cu 40° .

- A) Extincția nu se menține în nici unul din cazuri : mineralul este *biax*.

Axul optic este perpendicular pe preparat.

La uniaxe extincția se menține. La biaxe un PSO în coincidență cu planul NS; la uniaxe axul optic rămîne în planul NS.



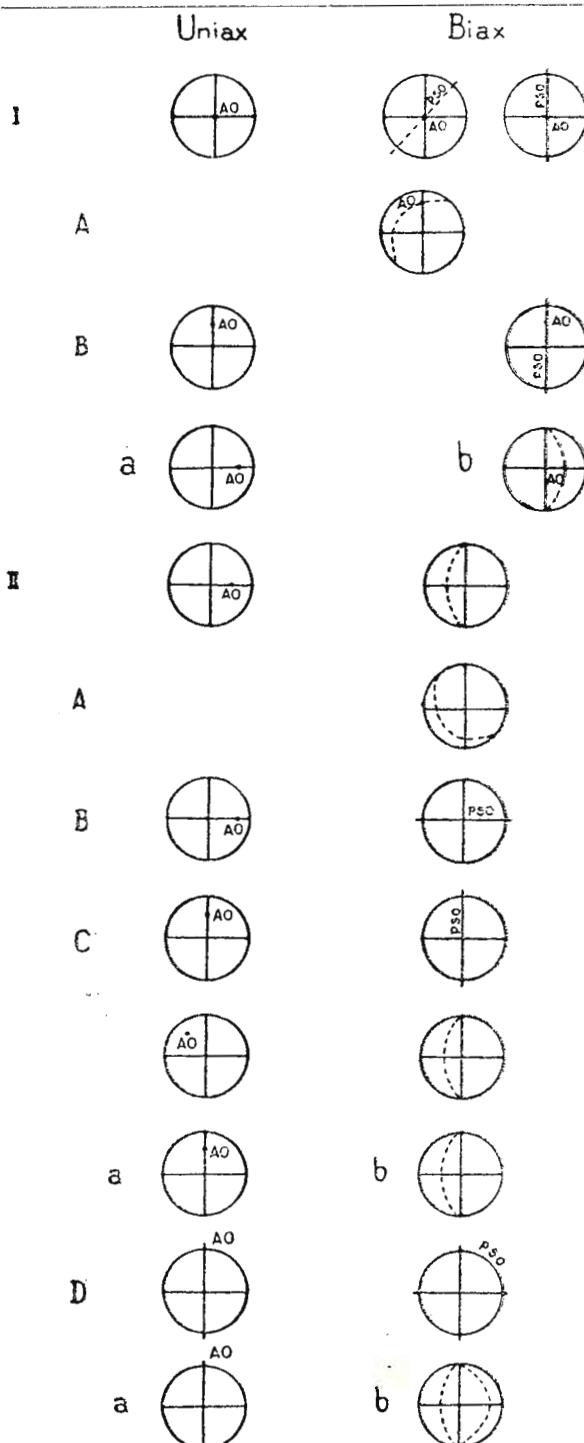


Fig. 12. — Diferențierea mineralelor uniaxe și biaxe prin examinarea extincțiilor.



B) Extincția se menține numai în jurul lui A_2 .

Se reduce la poziția $\alpha_2 = \alpha_4 = 0^\circ$ și se rotește cu 90° în jurul lui A_1 .

C) Extincția se menține numai în jurul lui A_4 .

Se înclină cu 40° în jurul lui A_2 .

Se obține extincția rotind cu intervalul cel mai mic în jurul lui A_1 .

Se încearcă cu A_4 inclinând cu 40° în fiecare parte.

a) Extincția se păstrează : mineralul este *uniax*.

b) Extincția nu se păstrează : mineralul este *biax*.

D) Extincția se menține în ambele cazuri.

Se stabilește poziția $\alpha_2 = 40^\circ$ și se înclină în jurul lui A_4 cu 40° în fiecare parte.

a) Extincția se menține : mineralul este *uniax*.

b) Extincția nu se menține : mineralul este *biax*.

Axul optic sau un PSO se găsește în planul vertical EV.

Axul optic sau un PSO se găsește în planul vertical NS.

La uniaxe axul optic este adus din nou în planul NS.

La biaxe PSO rămâne înclinat față de planul vertical NS.

Axul optic coincide cu A_2 : un PSO coincide cu planul preparatului.

UTILIZAREA MESEI UNIVERSALE CU 5 AXE

MUF cu 5 axe permite determinarea orientării optice a unui cristal într-un timp mai scurt și efectuarea mai simplă a diverselor operațiuni. În afară de aceasta, printr-o mai mare libertate a mișcărilor, ea a permis și elaborarea unor metode noi de lucru.

Schematic prezentată, utilizarea celor 6 axe de rotație este următoarea (spre deosebire de cazul utilizării mesei cu 4 axe, aici PSO se aduce în poziție EV pentru a fi determinat) :

A_1 este utilizat pentru aducerea cristalului în poziție de extincție ;

A_0 este utilizat pentru a înclina preparatul în aşa fel ca PSO să fie adus în coincidență cu planul de vibrație EV al nicolilor ;

A_2 este utilizat pentru a aduce în coincidență cu axul microscopului una din direcțiile principale ale acestui prim PSO identificat ;



A_4 servește la identificarea unui al doilea PSO — perpendicular pe el — și măsurarea unghiului $2V$ în acest plan, dacă el este plan al axelor optice;

A_3 servește la aducerea primului PSO identificat în poziție NS, în cazul în care el este plan al axelor optice, pentru a măsura unghiul $2V$ cu ajutorul axului A_4 ;

A_5 este utilizat la aducerea întregului ansamblu la 45° pentru determinarea caracterului direcțiilor de vibrație.

În capitolul privind feldspații plagioclazi, vor fi prezentate metodele speciale de determinare a acestora cu ajutorul MUF cu 5 axe.

DETERMINAREA PRIN CONSTRUCȚIE A POZIȚIEI AXELOR DE MACLĂ

Axa de maclă este direcția în jurul căreia rotind unul din indivizi cu 180° (respectiv indicatricea lui) acesta se suprapune peste al doilea individ al maclei (axa de maclă este axa de simetrie binară între doi indivizi macleați); planul perpendicular pe această direcție se numește plan de maclă. Determinarea poziției acestor elemente este necesară mai ales în cazul în care concreșterea indivizilor se face în mod neregulat, neexistând un plan regulat de alipire care să poată fi considerat.

Din modul în care a fost definită axa de maclă se constată imediat că orice direcție din individul 1 se găsește în același plan cu direcția corespunzătoare din individul 2 și cu axa de maclă; pe proiecție deci, punctele corespunzînd direcțiilor $N_{\alpha 1}$ și $N_{\alpha 2}$, $N_{\beta 1}$ și $N_{\beta 2}$, $N_{\gamma 1}$ și $N_{\gamma 2}$ se vor găsi, două cîte două, pe același cerc mare cu axa de maclă (fig. 13 a); ceea ce

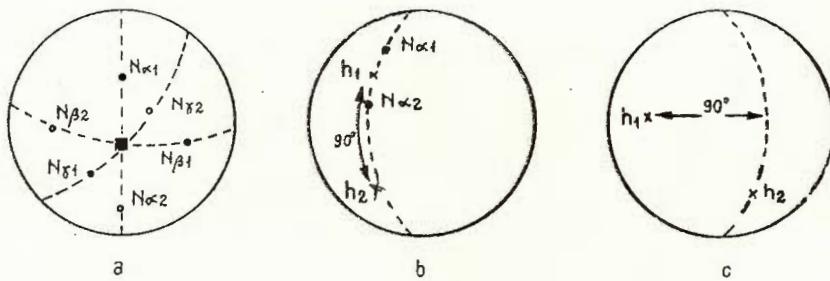


Fig. 13. — Diverse construcții pentru obținerea proiecției axei de maclă.

revine — în mod invers — la : proiecția axei de maclă se găsește la intersecția celor 3 meridiane cuprinzînd perechile de direcții $N_{\alpha 1} - N_{\alpha 2}$, $N_{\beta 1} - N_{\beta 2}$, $N_{\gamma 1} - N_{\gamma 2}$. De obicei, prin construcție se obține un

mic triunghi, mai mic sau mai mare după exactitatea cu care au fost executate măsurările, al cărui centru reprezintă proiecția axei de maclă.

Există și alte metode de obținere a poziției axei de maclă :

Dacă sunt cunoscute direcțiile N_α , N_β și N_γ în ambii indivizi se rotește stereograma în așa fel ca două direcții corespunzătoare (N_{α_1} și N_{α_2}) să cadă pe un același meridian. Se notează cu h_1 punctul din mijlocul distanței $N_{\alpha_1} - N_{\alpha_2}$ și cu h_2 punctul la 90° de h_1 , pe același meridian (fig. 13 b). Se aduce apoi, succesiv, fiecare din cele două puncte pe ecuator, și pe meridianul la 90° de fiecare se trasează un mic arc de cerc în vecinătatea celuilalt punct (fig. 13 c). Repetîndu-se operația și pentru celelalte două perechi de direcții $N_{\beta_1} - N_{\beta_2}$ și $N_{\gamma_1} - N_{\gamma_2}$ se obțin șase arce de cerc; trei dintre acestea se vor interseca într-un punct sau vor forma un mic triunghi, al cărui centru reprezintă proiecția axei de maclă. Această metodă dă rezultate mai exacte decât cea expusă anterior.

Un al treilea procedeu de construcție a axei de maclă presupune, și el, construcția celor trei perechi de puncte h_1 și h_2 cu ajutorul proiecției direcțiilor N_{α_1} , N_{α_2} , N_{β_1} , N_{β_2} , N_{γ_1} , N_{γ_2} . Stereograma se rotește pînă cînd trei din cele șase puncte h_1 și h_2 cad pe un același meridian; acesta reprezintă planul de maclă, iar polul lui este axa de maclă căutată.

Importanța identificării elementelor de maclă va fi subliniată în capitolul privind determinarea feldspațiilor plagioclazi.

DETERMINAREA BIREFRINGENȚEI ÎNTR-O DIRECȚIE DATĂ (DETERMINAREA CELOR 3 BIREFRINGENȚE PRINCIPALE)

În foarte multe cazuri este necesar să se măsoare birefringența într-un plan perpendicular pe o anumită direcție, plan sau direcție care prezintă un interes deosebit față de celelalte. Dacă această direcție se află în situația de a putea fi adusă în coincidență cu axul microscopului — adică nu este prea inclinată față de el — se determină pe stereogramă mișcările care îi trebuie imprimate pentru a o aduce în această poziție, α_1 și α_2 , și apoi cu ajutorul axelor A_1 și A_2 se execută această operație după ce, în prealabil s-au făcut corecțiile unghiulare determinate de diferențele de refringență.



În această poziție, se poate măsura valoarea diferenței de drum a celor două raze, ordinară și extraordinară. Valorile diferențelor de drum în diverse direcții nu pot fi însă comparate, deoarece ele se referă la grosimile diferite sub care se prezintă preparatul în acele direcții. Este deci necesar ca totdeauna în relația birefringență = $\frac{\text{diferență de drum}}{\text{grosime}}$, $N_y - N_\alpha = \frac{R}{e}$, grosimea să fie prezentată la o aceeași valoare, respectiv valoarea ei reală, adică împărțită cu $\cos \alpha_2$ sau, ceea ce revine la același lucru, valoarea R să fie multiplicată cu $\cos \alpha_2$, unghiul de înclinare al preparatului (se consideră valoarea α_2 citită pe stereogramă, și nu aceea corectată).

Determinarea birefringenței se face atât pentru aflarea valorii maxime a acesteia, constantă importantă în identificarea mineralelor, cât și pentru aflarea celorlalte două valori principale $N_\beta - N_\alpha$ și $N_y - N_\beta$ care, aşa cum se va vedea mai departe, pot servi la determinarea unghiului axelor optice.

În cazul în care valorile birefringențelor nu pot fi determinate, spre exemplu atunci când nu se poate măsura grosimea secțiunii, este foarte util să se dea, cel puțin, raportul birefringențelor principale, care este, de altfel, egal cu acela al diferențelor de drum reduse: $(N_y - N_\alpha) : (N_y - N_\beta) : (N_\beta - N_\alpha) = - : 1 : -$.

DETERMINAREA GROSIMII PREPARATULUI CU MUF

Determinarea birefringenței crează necesitatea măsurării grosimii preparatului; această operație nu se poate face cu MUF pe calea obișnuită (punerea la punct a firelor de praf de pe cele două suprafete ale preparatului) atât din cauza lipsei de exactitate principală a metodei — mai ales în pozițiile inclinate ale preparatului — cât și din cauza imposibilității de a utiliza obiective cu putere de mărire ridicată, cu care să poată fi puse la punct suprafetele inferioară și superioară ale secțiunei.

Procedeul granulului de cuart. Măsurarea grosimii secțiunii în cursul determinărilor cu MUF se face pe o cale fundamentală diferită. După cum se știe, între grosimea secțiunii și diferența de drum există relația:

$$\frac{R}{e} = N_y - N_\alpha.$$



Așa după cum măsurarea diferenței de drum și a grosimii duc la determinarea birefringenței, tot așa, invers, cunoașterea birefringenței unui mineral și măsurarea diferenței de drum permit stabilirea grosimii preparatului în punctul respectiv. Este necesar deci, ca în secțiune să existe un mineral a cărui birefringență să fie cunoscută. Mineralul cel mai indicat pentru această operație este cuarțul, atât pentru că prezintă o remarcabilă constanță a compozitiei și deci a proprietăților (birefringența), cît și pentru că este unul din mineralele cele mai răspândite în toate paragenezele.

Pentru măsurarea diferenței de drum într-un granul de cuarț se procedează în modul următor. Se alege unul din cristalele cu cele mai ridicate culori de interferență, pentru a evita o situație de prea mare înclinare a axului optic față de planul secțiunii. Prin rotire în jurul axului A_1 se obțin cele două poziții de extincție (axul optic în planul de vibrație al unui nicol); se alege acea poziție de extincție care la rotire în jurul axului A_4 nu se păstrează (axul optic se găsește în planul EV). Rotind în jurul axului A_4 se fixează poziția de iluminare maximă (proiecția axului optic bisectează unghiul planelor Nicolilor) iar apoi înclinând în jurul axului A_2 se aduce la extincție (axul optic în planul NS, înclinat față de planul preparatului cu unghiul α_4 de rotire în jurul axului A_4). Prin readucerea poziției $\alpha_4 = 0^\circ$ axul optic se găsește orizontal în planul NS. Rotirea mesei microscopului cu 45° stabilește secțiunea de birefringență maximă, care permite măsurarea diferenței de drum căutate. După cum se constată din fig. 14, prin aceleasi operații se poate ajunge și la poziția de verticalitate a axului optic; aceste două situații se pot însă ușor deosebi.

Dacă R este diferența de drum măsurată în direcția perpendiculară pe axul optic, N_ω și N_ε valorile pentru refringență, iar α_2 unghiul de înclinare în jurul axului A_2 , corectat pentru diferența de refringență dintre segmentii și cuarț, atunci grosimea secțiunii este dată de relația $e = \frac{R \cos \alpha_2}{N_\varepsilon - N_\omega}$ în care e este exprimat în mm, $\mu\mu$ sau Å, după cum au fost date valorile lui R . Valoarea pentru $N_\varepsilon - N_\omega$ la cuarț este 0,00918 pentru $\lambda = 550 \mu\mu$.

Grosimea astfel obținută poate fi considerată grosimea medie a preparatului. Pentru a evita erorile, se poate măsura grosimea a două granule de cuarț, de o parte și de alta a mineralului cercetat.



Dacă secțiunea nu cuprinde cristale de cuarț, poate fi utilizat un alt mineral cu birefringență cunoscută; în cazul cînd acesta este biax, se măsoară diferența de drum pentru una din cele trei birefringențe principale, a cărei poziție se fixează în modul cunoscut (se aduce PSO în planul NS și se determină direcția perpendiculară pe el).

Procedeul lui Nikitin. Nikitin a pus la punct un procedeu foarte simplu de măsurare a grosimii preparatului cu MUF. El se bazează pe modul în care apare o fisură într-un cristal, atunci cînd ea este privită sub diverse unghiuri. Procedeul cere deci existența unor spărări regulate în cristale, destul de clare pentru a se vedea și partea inferioară a acestora prin transparentă. O fisură AB, înclinată cu unghiul ρ față de normală la preparat apare, în poziția obișnuită, cu lărgirea d , care reprezintă proiecția lungimii ei pe planul preparatului. Din fig. 15 a se vede că $e = d \operatorname{ctg} \rho$, în care d și ρ sunt măsurabile, primul cu micrometrul ocular, al doilea prin fixarea fisurii în poziție verticală ($\alpha_2 = \rho$). Deoarece d are totdeauna valori foarte mici, este preferabil să-l măsurăm într-o poziție înclinață a preparatului, în care el apare ceva mai mare (fig. 15 b). Unghiul de rotire de la poziția orizontală fiind φ , în triunghiul ABC

$$\begin{aligned} d &= AB \cos \widehat{BAC} = AB \cos [90^\circ - (\varphi + \rho)] \\ &= AB \sin (\varphi + \rho) \end{aligned}$$

dar, deoarece φ și ρ sunt măsurate în sensuri opuse, li se dau semne diferite și

$$d = AB \sin (\varphi - \rho).$$

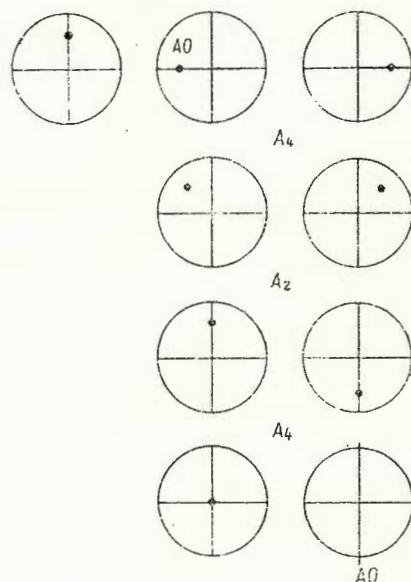


Fig. 14. — Aducerea axei optice în poziție orizontală la un mineral uniax.

În triunghiul ABD, $e = AB \cos \rho$ și înlocuindu-se AB cu valoarea din relația de mai sus $(AB = \frac{d}{\sin(\varphi-\rho)})$

$$e = \frac{d \cos \rho}{\sin(\varphi-\rho)}$$

care dă grosimea secțiunii în aceste condiții.

Cele expuse pînă acum se referă însă numai la o fisură închisă, întrucît lărgimea ei nu a intrat în calcul. Dacă este vorba însă de o fisură mai largă, a cărei lățime poate fi apreciată — aşa cum se vede în fig. 15 — formula se transformă, din grosimea aparentă $d = FC$ fiind nevoie să se scadă valoarea $AF = AE \cos \varphi$

$$e = \frac{(d - AE \cos \varphi) \cos \rho}{\sin(\varphi-\rho)}$$

DETERMINAREA UNGHIULUI AXELOR OPTICE

Determinarea directă a unghiului axelor optice, prin fixarea poziției acestora, a fost examinată odată cu determinarea întregii orientări optice a cristalelor. În cele ce urmează vor fi expuse cîteva metode indirecte de determinare a valorii unghiului axelor optice.

Calcularea unghiului 2V cu ajutorul birefringențelor principale. Cunoașterea valorilor a două dintre birefringențele principale permite obținerea prin calcul a unghiului 2V. În cazul unor operații corect executate, această metodă dă rezultate superioare măsurătorii directe.

Calculul se face pe baza formulei lui Mallard, care stabilește relația dintre valorile refringențelor în principalele direcții din cristal și valoarea unghiului 2V. Să examinăm secțiunea principală într-un cristal biax pozitiv, secțiune perpendiculară pe N_β . Cercul avînd ca rază pe N_β determină, la inter-

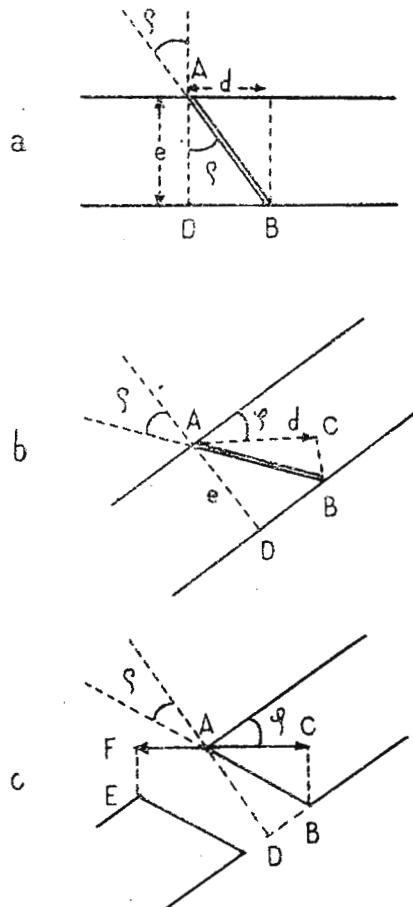


Fig. 15. — Determinarea grosimii preparatuului prin procedul lui Nikitin.

secțiile cu secțiunea eliptică, secțiunile circulare în elipsoid, pe care axele optice sunt perpendiculare; găsindu-se și pe cerc și pe elipsă, aceste puncte trebuie să satisfacă ecuațiile ambelor curbe:

$$N_\gamma^2 x^2 + N_\alpha^2 z^2 = N_\gamma^2 N_\alpha^2 \quad \text{elipsa (1)}$$

$$x^2 + z^2 = N_\beta^2 \quad \text{cercul (2)}$$

Substituind în (1) valorile din (2) se obține

$$z^2 = N_\gamma^2 \frac{N_\beta^2 - N_\alpha^2}{N_\gamma^2 - N_\alpha^2}$$

și o valoare asemănătoare pentru x^2 .

Din figură se vede că $\sin V = \frac{z}{N_\beta}$ și $\cos V = \frac{x}{N_\beta}$ de unde

$$\sin V = \frac{N_\gamma}{N_\beta} \sqrt{\frac{N_\beta^2 - N_\alpha^2}{N_\gamma^2 - N_\alpha^2}}; \quad \cos V = \frac{N_\alpha}{N_\beta} \sqrt{\frac{N_\gamma^2 - N_\beta^2}{N_\gamma^2 - N_\alpha^2}};$$

$$\operatorname{tg} V = \frac{N_\gamma}{N_\alpha} \sqrt{\frac{N_\beta^2 - N_\alpha^2}{N_\gamma^2 - N_\beta^2}}$$

Formula lui Mallard, utilizând în cazul general toate cele trei valori principale ale refringenței, îmbrăcă o formă simplificată în cazul birefringențelor cu valori mici. În aceste cazuri se demonstrează că factorii

$$\frac{N_\gamma}{N_\beta} \sqrt{\frac{N_\beta + N_\alpha}{N_\gamma + N_\alpha}}; \quad \frac{N_\alpha}{N_\beta} \sqrt{\frac{N_\gamma + N_\beta}{N_\gamma + N_\alpha}};$$

$$\frac{N_\gamma}{N_\alpha} \sqrt{\frac{N_\beta + N_\alpha}{N_\gamma + N_\alpha}};$$

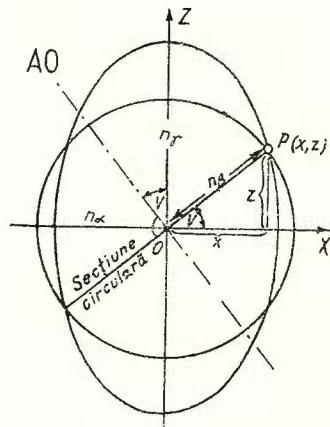


Fig. 16. — Secțiunea principală într-un cristal biax pozitiv.

din cele trei formule de mai sus, diferă foarte puțin de 1, astă incit pot fi neglijati. Formula lui Mallard, ia atunci aceste forme simplificate:

$$\sin V_\gamma = \sqrt{\frac{N_\beta - N_\alpha}{N_\gamma - N_\alpha}}; \quad \cos V_\gamma = \sqrt{\frac{N_\gamma - N_\beta}{N_\gamma - N_\alpha}}; \quad \operatorname{tg} V_\gamma = \sqrt{\frac{N_\beta - N_\alpha}{N_\gamma - N_\beta}}$$

și dă rezultate foarte apropiate.

Metoda lui Nikitin. În cazul în care nu poate fi măsurată diferența de drum decât într-o din direcțiile principale, există totuși posibilitatea de a

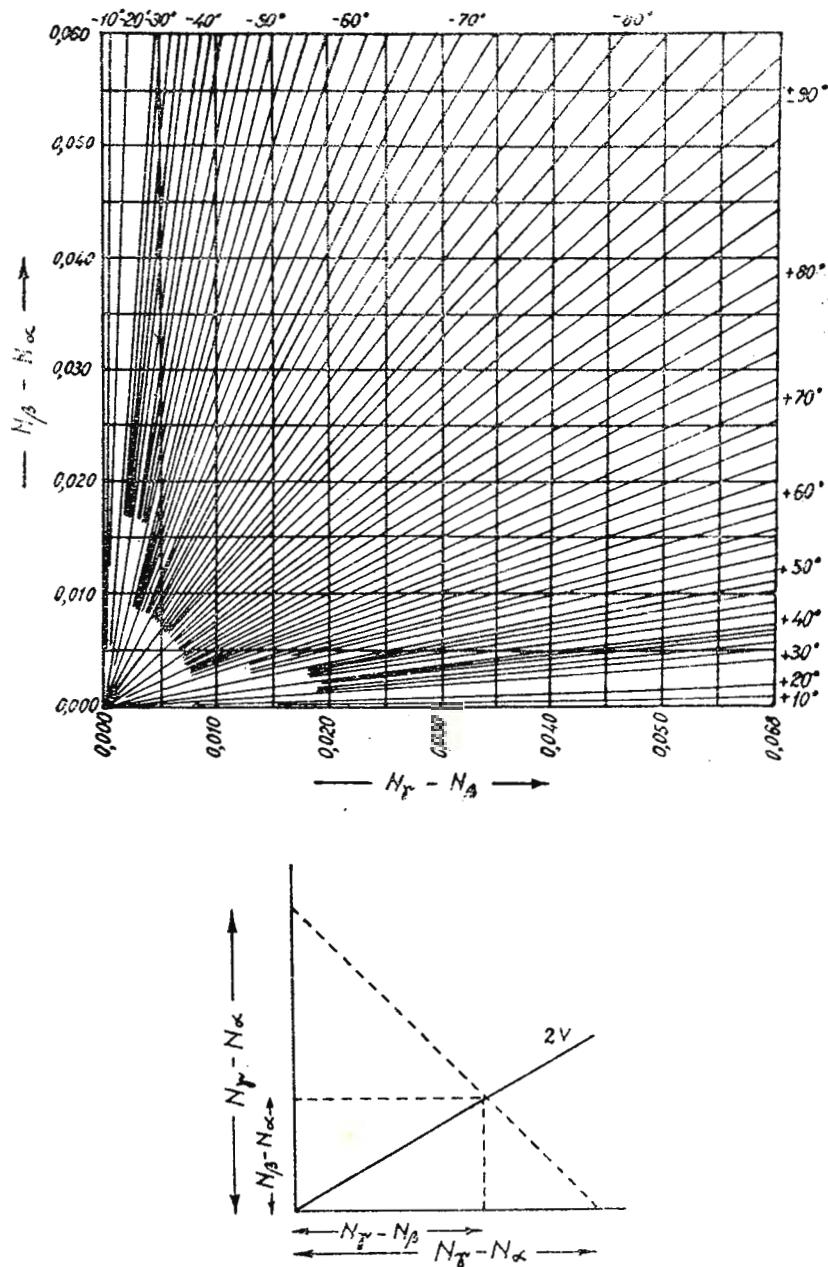


Fig. 17. — Relația dintre valorile unghiului $2V$ și ale birefringențelor principale (diagrama lui Boldirev).

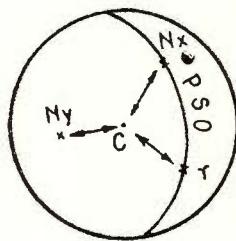


Fig. 18. — Determinarea valorii R_{Ny} cu ajutorul valorilor R_{Nx} și R_r .

calculă valoare $2V$ prin considerarea diferenței de drum într-o direcție ajutătoare r .

Să presupunem că a fost identificat un PSO și a fost măsurată diferența de drum în direcția N_x , una din direcțiile principale din el (fig. 18). Între R_{Nx} , R_r — diferența de drum într-o direcție oarecare a PSO — și R_{Ny} , direcția perpendiculară pe PSO, există următoarea relație :

$$R_{Ny} \cos (\widehat{N_y C}) = \frac{R_{Nx} \cos (\widehat{N_x C}) \mp R_r \cos (\widehat{rc})}{\sin^2 (\widehat{N_x r})}$$

c fiind centrul cercului.

R_{Nx} și R_r se măsoară cu ajutorul compensatorului Berek iar toate unghiurile se măsoară pe proiecție (fig. 18).

Pentru cele șase posibilități care se pot prezenta, privind natura direcțiilor N_x și N_y , formula ia următoarele aspecte :

$$\frac{N_x}{N_\alpha} \frac{N_y}{N_\beta} R_{N\beta} \cos (\widehat{N_\beta C}) = \frac{R_{N\alpha} \cos (\widehat{N_\alpha C}) \mp R_r \cos (\widehat{rc})}{\sin^2 (\widehat{N_\alpha r})}$$

$$\frac{N_\alpha}{N_\beta} \frac{N_y}{N_\gamma} R_{N\gamma} \cos (\widehat{N_\gamma C}) = \frac{R_r \cos (\widehat{rc}) - R_{N\alpha} \cos (\widehat{N_\alpha c})}{\sin^2 (\widehat{N_\alpha r})}$$

$$\frac{N_\beta}{N_\gamma} \frac{N_x}{N_\alpha} R_{N\alpha} \cos (\widehat{N_\alpha C}) = \frac{R_{N\beta} \cos (\widehat{N_\beta C}) - R_r \cos (\widehat{rc})}{\sin^2 (\widehat{N_\beta r})}$$

$$\frac{N_\beta}{N_\gamma} \frac{N_x}{N_\gamma} R_{N\gamma} \cos (\widehat{N_\gamma C}) = \frac{R_{N\beta} \cos (\widehat{N_\beta C}) - R_r \cos (\widehat{rc})}{\sin^2 (\widehat{N_\beta r})}$$

$$\frac{N_\gamma}{N_x} \frac{N_x}{N_\alpha} R_{N\alpha} \cos (\widehat{N_\gamma C}) = \frac{R_r \cos (\widehat{rc}) - R_{N\gamma} \cos (\widehat{N_\gamma c})}{\sin^2 (\widehat{N_\gamma r})}$$

$$\frac{N_\gamma}{N_x} \frac{N_\beta}{N_\gamma} R_{N\beta} \cos (\widehat{N_\beta C}) = \frac{R_{N\gamma} \cos (\widehat{N_\gamma C}) \mp R_r \cos (\widehat{rc})}{\sin^2 (\widehat{N_\gamma r})}$$

În cazul în care direcția perpendiculară pe planul $N_x r$ este N_β , în membrul al doilea al egalității se ia semnul + dacă între N_x și r se găsește un ax optic, și semnul — în caz contrar.

Exactitatea acestei metode este totdeauna inferioară acelei care utilizează două PSO.



Alte metode pentru determinarea valorii $2V$ în cazuri nefavorabile, cind nu poate fi identificată întreaga orientare optică a cristalului, au fost elaborate de N. Berek.

Metoda extincției caracteristice. Această metodă utilizează unele relații care există între unghiul axelor optice și elementele de simetrie optică. Fără a examina principiul metodei, iată care sunt operațiile care trebuie executate pentru determinarea valorii unghiului axelor optice.

Se determină și se proiectează pe stereogramă două PSO, fără a fi nevoie să se precizeze direcțiile principale din cadrul lor. Direcția N_x determinată de intersecția planelor este aceea care are cea mai mică înclinare față de planul preparatului; se aduce această direcție în axul microscopului cu ajutorul axelor A_1 și A_2 , notându-se coordonatele α_1 și α_2 (fig. 19).

Rotind în jurul axului A_3 se obține o extincție la α_3 ; cu ajutorul lamei de gips se determină caracterul relativ al direcției paralele cu axul A_4 — adunare sau scădere a efectelor — în această situație (pentru aceasta se rotește în jurul axului A_5 cu 45° pentru a-l aduce pe A_4 în direcția introducerii lamei de gips).

După ce se revine la poziția inițială în jurul lui A_5 , se fixează A_3 la valoarea $\alpha_3 + 45^\circ$, iar A_4 la aceea dintre pozițiile 55° sau 305° , pentru care normala secțiunii este cît mai apropiată de direcția de observație. În această situație se rotește în jurul axului A_5 , în sens invers mișcării acelor ceasornicului, pînă se obține extincția, la o valoare α'_5 , care trebuie determinată cu precizie. Diferența valorilor α'_5 și α_5 (inițială) se numește *extincția caracteristică*.

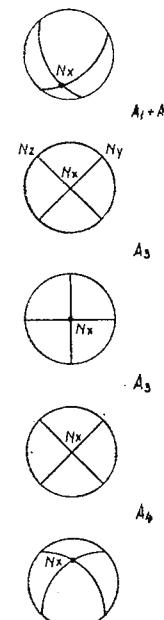


Fig. 19. — Operațiile necesare determinării extincției caracteristice.

În diagrama care arată relația dintre unghiurile ϕ de extincție caracteristică și $2V$ (fig. 20) pentru ϕ sunt trecute valorile între 0° — 30° . Pentru valori mai mari ale acestuia se folosesc $\phi - 30^\circ$, pentru unghiurile pînă la 60° , și $\phi - 60^\circ$ pentru unghiurile peste 60° .

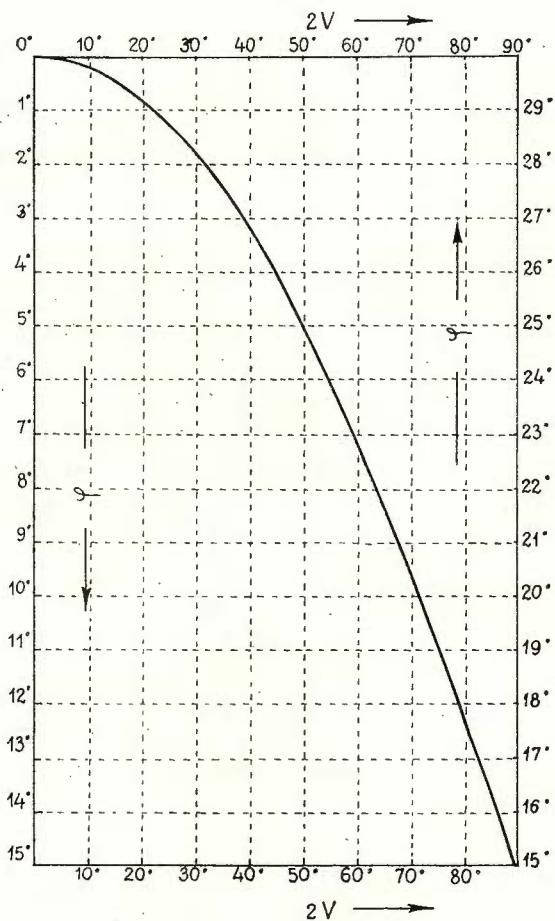


Fig. 20. — Relația dintre valorile ϕ și $2V$.

Tabelul 1 permite identificarea caracterului direcțiilor principale din preparat, prin considerarea valorii unghiului $2V$ și a caracterului relativ al direcției paralele cu axul A_4 . Metoda poate fi utilizată în limite destul de largi ale diferenței de refringență între segmenti și mineral; cînd acesta are valori mari, sînt necesare o serie de operații care să eliminate erorile.

TABELUL 1

| Caracterul relativ al direcției $\parallel A_4$ | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------------|------------|------------|------------|--|
| $Ny = (N\alpha)$ | | | | | $Ny = (N\gamma)$ | | | | |
| caracterul real | | | | | | | | | |
| φ | semn optic | N_x | N_y | N_z | semn optic | N_x | N_y | N_z | |
| $0^\circ - 15^\circ$ | + | N_γ | N_x | N_β | - | N_α | N_γ | N_β | |
| $15^\circ - 30^\circ$ | - | N_γ | N_x | N_β | + | N_x | N_γ | N_β | |
| $30^\circ - 45^\circ$ | - | N_α | N_α | N_γ | + | N_β | N_γ | N_α | |
| $45^\circ - 60^\circ$ | + | N_β | N_α | N_γ | - | N_β | N_γ | N_α | |
| $60^\circ - 75^\circ$ | + | N_α | N_β | N_γ | - | N_γ | N_β | N_γ | |
| $75^\circ - 90^\circ$ | -- | N_α | N_β | N_γ | + | N_γ | N_β | N_γ | |

N_x , direcția de observație;

N_y , direcția $\parallel A_4$;

N_z , direcția $\perp A_4$.

Metoda diferenței de drum caracteristice. Metoda folosește relațiile dintre unghiul $2V$ și această valoare, a diferenței de drum caracteristice, a cărei determinare este expusă în continuare.

Se proiectează în mod obișnuit un PSO. De la ecuator se mărează în ambele părți, în acest plan, punctele r corespunzînd unor înclinări $\alpha_4 = \pm 20^\circ, \pm 40^\circ, \pm 50^\circ$ (fig. 21). Se măsoară apoi unghiiurile dintre punctele r și centru, aducîndu-se pe rînd, punctele r pe ecuator. Aceste valori se reprezintă apoi diagramatic, luîndu-se unghiiurile α_4 ca abscisă ($1^\circ = 1$ mm) și unghiiurile rc ca ordonată. Curba trebuie să fie, bine înțeles, simetrică față de $\alpha_4 = 0$ (fig. 22).

Pornindu-se din poziția inițială (PSO $\perp A_4$) $A_1 = \alpha_1, A_2 = \alpha_2$ se execută în jurul axului A_5 rotirea $\alpha_5 = 45^\circ$, și se măsoară diferențele de drum pentru fiecare din înclinările α_4 notate, adică pentru fiecare direcție r . Dacă în PSO determinat se găsește o axă optică, ceea ce se recunoaște prin scăderea culorilor de interferență, se poate nota diferența de drum pentru direcția axei optice, renunțîndu-se la direcția r cea mai apropiată. Valorile obținute se reprezintă pe aceeași diagramă, luîndu-se o nouă ordonată $10\mu\mu = 1$ mm.



Din această curbă, un număr suficient de puncte se reduc în funcție de unghiiurile α_4 și \widehat{rc} , adică în funcție de grosimile sub care au fost măsurate diferențele de drum. Spre exemplu, la $\alpha_4 = +30^\circ$, $R = 1\ 650 \mu\mu$

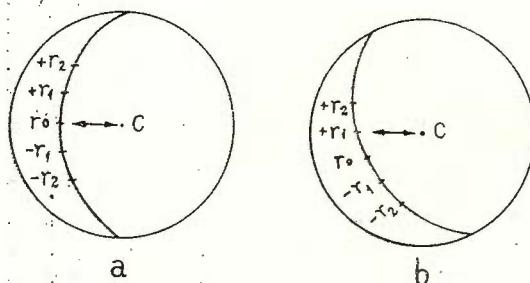


Fig. 21 — Notarea punctelor r_1 , r_2 , etc.

și $\widehat{rc} = 35^\circ$, $R_{rea} = R \cos \widehat{rc} = 1\ 650 \times \cos 35^\circ$. Valoările obținute în acest mod se trec în aceeași diagramă, sub aceleiasi abscise.

Această nouă curbă reprezintă aspectul general al variației birefringenței în PSO respectiv. Ea prezintă

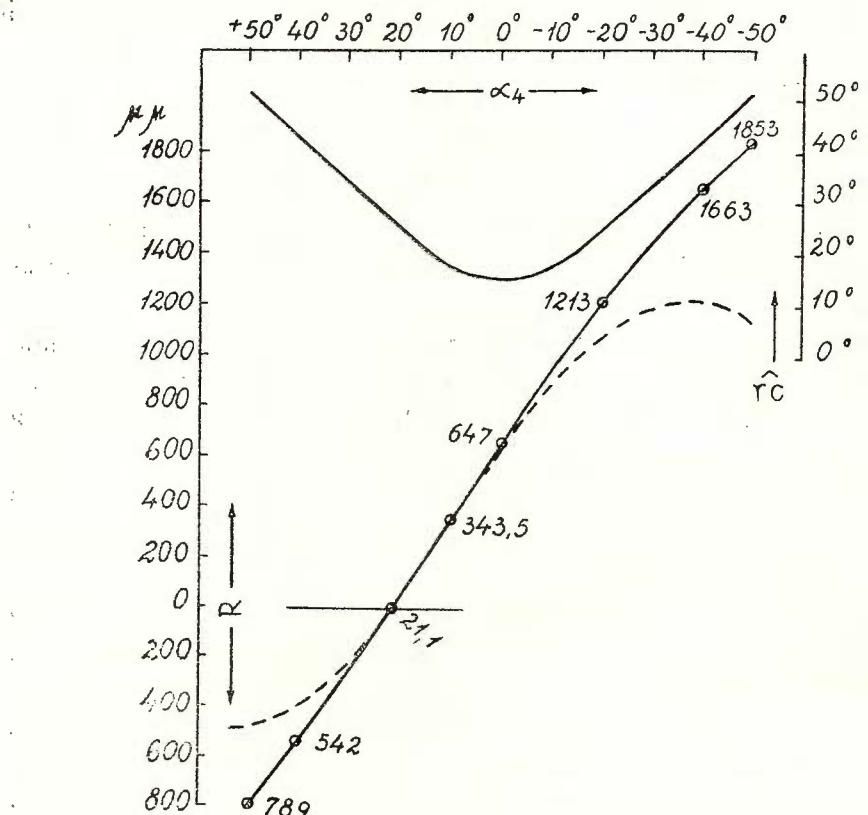


Fig. 22. — Diagrama relațiilor dintre valorile α_4 , rc și R în metoda diferenței de drum caracteristice.

un maximum și un minimum — corespunzînd direcțiilor principale din PSO — și o valoare 0° corespunzînd direcției axului optic. De obicei, curba nu prezintă decît maximumul sau minimumul, aceasta fiind totuși suficient.

Pentru maximumul curbei se citește valoarea α_4 , de obicei cu aproximatie, deoarece curbura este foarte puțin pronunțată în această regiune. Considerîndu-se maximumul ca punct de plecare — valoare α_4 de referință 0° — se citesc valorile R reduse pentru valorile $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$. Diferențele de drum citite se raportează la diferența de drum corespunzătoare maximumului, obținîndu-se, de obicei, valori mai mici ca unitatea ; raportul se face aritmetic. Valorile obținute reprezintă *diferențele de drum caracteristice*.

Dacă maximumul curbei se găsește spre mijlocul ei, nu este posibil să se meargă cu valorile unghiulare pînă la 90° ; în acest caz se utilizează atît cît este posibil și valori negative $-30^\circ, -45^\circ$.

TABELUL 2

| Valoare de referință 0° | α_4 | R_{red} | $R_r/R\alpha_4 = 37^\circ$ | $2V$ | curba |
|-----------------------------------|-------------|-----------|----------------------------|------|-------|
| $0^\circ \dots \dots \dots$ | -37° | 1 240 | — | — | — |
| $30^\circ \dots \dots \dots$ | -7° | 825 | 0,665 | 60,4 | cos |
| $45^\circ \dots \dots \dots$ | $+8^\circ$ | 400 | 0,323 | 61,6 | cos |
| $60^\circ \dots \dots \dots$ | $+23^\circ$ | 45 | 0,036 | 63,6 | cos |
| $75^\circ \dots \dots \dots$ | $+38^\circ$ | 380 | 0,306 | 64,6 | cos |
| $90^\circ \dots \dots \dots$ | $+53^\circ$ | 500 | 0,403 | 64,8 | cos |

Valorile astfel obținute $R_r/R\alpha_4 = 37^\circ$ se interpretează cu ajutorul unor diagrame care au ca abscisă valorile $2V$ iar ca ordonată valorile acestui raport. Pentru fiecare valoare unghiulară de referință, $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ există cîte o diagramă. În fiecare diagramă se găsesc mai multe curbe trasate cu linie plină sau punctată, astfel dispuse încît fiecare valoare a ordonatei este intersectată de două curbe punctate și două curbe trasate cu linie continuă ; pe fiecare curbă este notată o funcție trigonometrică. Curbele punctate se folosesc dacă între poziția α_4 luată ca valoare 0° de referință și poziția α_4 pentru care este construită diagrama se găsește o axă optică (situație care este vizibilă din reprezentarea grafică anterioară). Dintre curbele notate cu $>$ și $<$ se utilizează prima, cînd diferența de drum pentru α_4 de referință 0° este mai mare decît pentru toate celelalte



valori α_4 și curbele notate cu $<$ cind diferența de drum pentru α_4 de referință 0° este mai mică decât toate celelalte diferențe de drum (pl. V). Citindu-se valorile 2V corespunzînd diverselor diferențe de drum caracteristice — a se observa că în toate cazurile curbele utilizate vor fi notate cu o aceeași funcție trigonometrică — se obțin o serie de valori pentru 2V, de obicei variind într-un singur sens; această situație este urmarea faptului că valoarea α_4 de referință 0° (valoarea pentru maxim) nu este exactă, din cauza aspectului curbei. Pentru corectare se ia ca valoare de referință $\alpha_4 = 0^\circ$ o valoare apropiată pentru abscisa maximumului, exemplu $37,5^\circ$, și, lucrîndu-se în mod identic, se obține o altă serie de valori pentru 2V. Dacă și acestea variază în același sens, se repetă operația pînă cînd se obține o serie de valori pentru care se constată o schimbare a sensului variației. Prin interpolare, se obține valoarea α_4 de referință, pentru care valorile unghiului 2V se obțin identice sau foarte apropiate. În acest caz se face media tuturor valorilor 2V și se obține valoarea reală.

Valoarea pentru abscisă utilizată în acest ultim caz, constituie coordonata α_4 a axei de simetrie optică.

Pentru stabilirea semnului optic și a caracterului celor 3 direcții principale, este necesară încă o determinare. Direcția corespunzînd valorii de referință α_4 utilizate se aduce în direcția de observație; lăsîndu-se preparatul cu aceeași poziție față de axele A_1 , A_2 și A_5 pe care a avut-o în tot cursul determinării diverselor diferențe de drum, se înclină în jurul axului A_4 pentru a se obține $\alpha_4 =$ valoarea de referință (în cazul nostru -37° , ceea ce revine la $360^\circ - 37^\circ = 323^\circ$). Cu ajutorul lamei de gips se determină caracterul relativ al direcției paralele cu axul A_4 în această situație. Considerînd acest rezultat împreună cu funcția trigonometrică inscrisă pe curbele care au servit la determinarea valorilor 2V, se poate determina, cu ajutorul tabelului 2 semnul optic și caracterul celor trei direcții principale din preparat.

DETERMINAREA REFRINGENȚEI CU MUF

Posibilitatea de a determina refringența cu MUF, ar da acestui instrument „universalitatea” completă, în sensul posibilității lui de a determina toate elementele principale care caracterizează un cristal. Pînă în momentul de față nu există însă un procedeu care să conducă la cunoașterea refringenței cu aceeași exactitate ca în cazul celorlalte proprietăți ale cristalelor.

O primă metodă de calcul a refringenței medii (nu N_β !) a fost propusă încă de Fedorov; ea se bazează pe relațiile dintre refringență



TABELUL 3

| Caracterul relativ al direcției $\parallel A_4$ | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|------------|--|
| $N_y = (N_\alpha)$ | | | | | $N_y = (N_\gamma)$ | | | | |
| caracterul real | | | | | | | | | |
| Gurba | semn optic | N_x | N_y | N_z | semn optic | N_x | N_y | N_z | |
| cotg | - | N_γ | N_α | N_β | + | N_α | N_γ | N_β | |
| tg | + | N_γ | N_α | N_β | - | N_α | N_γ | N_β | |
| sin | - | N_α | N_β | N_γ | + | N_γ | N_β | N_α | |
| cos | + | N_α | N_β | N_γ | - | N_γ | N_β | N_α | |
| sec | + | N_β | N_α | N_γ | - | N_β | N_γ | N_α | |
| cosec | - | N_β | N_α | N_γ | + | N_β | N_γ | N_α | |

N_x , direcția utilizată pentru valoarea de referință 0° ;

N_y , direcția $\parallel A_4$ (deci \perp pe PSO determinat);

N_z , direcția pentru valoarea de referință 90° .

și poziția celor trei PSO. Ea are însă un domeniu de aplicabilitate foarte restrâns (cazul în care pot fi determinate direct toate cele trei PSO) și dă valori prea puțin exacte.

Metoda lui Nikitin. N i k i t i n a elaborat o metodă ce se bazează pe fenomenul de reflexie totală care are loc în spărturile unui cristal, atunci cînd razele luminoase le străbat sub un anumit unghi.

Să presupunem că fascicolul de raze străbate preparatul și un spațiu de clivaj din el în modul reprezentat în fig. 23. Spațiu de clivaj este umplut cu un material cu refrigență inferioară acelei a mineralului, iar mediul de observație, are de asemenea, refrigență mai scăzută.

Fascicolul de raze cade pe suprafața preparatului sub unghiul α' și,

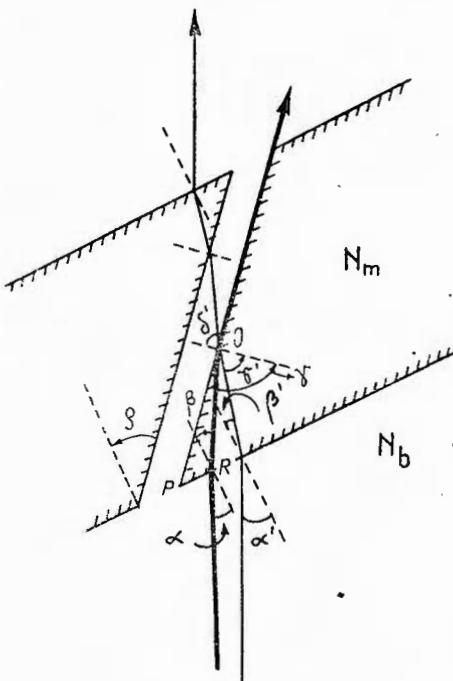


Fig. 23. — Drumul fascicoului de raze într-o fisură a mineralului.

intrînd în mineral se refractă propagîndu-se în continuare sub unghiul β' . Trecînd în fisura mineralului se refractă din nou, de data aceasta depărîndu-se de normală, deoarece $N_b < N_m$; $\delta' > \gamma'$. Pentru un anumit unghi de incidentă α , se poate deci produce fenomenul de reflexie totală, aşa ca δ să fie 90° . În acest caz $\sin \delta = \sin 90^\circ = 1$ și $N_b = N_m \sin \gamma$

$$\left(\text{din } \frac{\sin \varphi}{\sin \rho} = \frac{N_b}{N_m} \right).$$

În această relație N_b este cunoscut, deoarece în mod obînuit preparatele sunt montate în balsam de Canada, care umple și fisurile, iar unghiul γ poate fi exprimat în funcție de unghiurile α de incidentă și ρ , de inclinare a fisurii față de normală la preparat.

În triunghiul ROP se observă că unghiurile sale sunt complementare unghiurilor β , γ și ρ deci: $90^\circ - \gamma + 90^\circ - \rho + 90^\circ - \beta = 180^\circ$ și $\gamma = 90^\circ - \rho - \beta$.

Deoarece β și ρ sunt măsurate în sens invers, li se dău semne diferite: $\gamma = 90^\circ - (\rho - \beta)$ și

$$\sin \gamma = \cos (\rho - \beta) = \cos \beta \cos \rho + \sin \beta \sin \rho.$$

Deoarece însă

$$\frac{N}{N_m} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \text{ și } \sin \beta = \frac{N}{N_m} \sin \alpha$$

(N fiind refringența mediului de observație), $\cos \beta$ poate fi exprimat prin:

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{N^2}{N_m^2} \sin^2 \alpha} \quad (\text{din } \sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1).$$

Introducînd această valoare în expresia lui $\sin \gamma$ obținem:

$$\sin \gamma = \sqrt{1 - \frac{N^2}{N_m^2} \sin^2 \alpha} \cdot \cos \rho + \frac{N}{N_m} \sin \alpha \cdot \sin \rho$$

Această valoare pentru $\sin \gamma$ se utilizează în relația $N_b = N_m \sin \gamma$, care, prin introducerea lui N_m sub radical, ia forma:

$$N_c = \sqrt{N_m^2 - N^2 \sin^2 \alpha \cdot \cos \rho + N \sin \alpha \cdot \sin \rho}.$$

Din ea se poate scoate valoarea lui N_m în funcție de N_b și de unghiurile α și ρ , ambele măsurabile; ea are însă o formă complicată; calcularea lui N_m cu ajutorul expresiei de mai sus este foarte greoaie, aşa încît s-a construit o diagramă care permite rezolvarea ecuației pe cale grafică (pl. V).



În cele două cazuri particulare, $\rho = 0^\circ$ și $\rho = 90^\circ$, relația ia forma :

Pentru $\rho = 0^\circ$, adică fisura este perpendiculară pe preparat,

$$N_m = \sqrt{N_b^2 + N^2 \sin^2 \alpha};$$

Pentru $\rho = 90^\circ$, adică fisura este paralelă cu preparatul,

$$N_m = \infty, \text{ metoda nu mai este aplicabilă.}$$

Din cele expuse pînă acum, se înțelege însă că metoda nu este aplicabilă decît dacă $N_m > N_b$, deoarece în caz invers unghiul δ va fi întotdeauna mai mic decît γ și reflexia totală nu se va mai putea produce, nici la intrarea fascicolului de raze în fisură și nici la ieșirea din ea, fiindcă din cauza paralelismului pereților, fascicolul trebuie să iasă din fisură sub același unghi sub care a intrat.

Dacă însă aceleasi observații se fac nu asupra unei fisuri, ci asupra peretelui liber al unui fragment de mineral (fig. 24), reflexia totală se va produce indiferent de relația dintre N_m și N_b , deoarece unghiul de incidentă γ pe peretele mineralului i se pot da orice valori. Să presupunem $N_b > N_m$.

În poziția de reflexie totală :

$$\sin \gamma = \frac{N_m}{N_b} \quad (\text{deoarece } \sin \delta = 1) \text{ și } N_m = N_b \sin \gamma$$

Folosind aceeași valoare a lui $\sin \gamma$, în care însă N_m se înlocuiește cu N_b , deoarece în acest caz $\sin \beta$ este exprimat prin $\frac{N}{N_b} \sin \alpha$ (din $\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{N}{N_b}$) se obține în final următoarea expresie :

$$N_m = \sqrt{N_b^2 - N^2 \sin^2 \alpha \cdot \cos \rho + N \sin \alpha \cdot \sin \rho}.$$

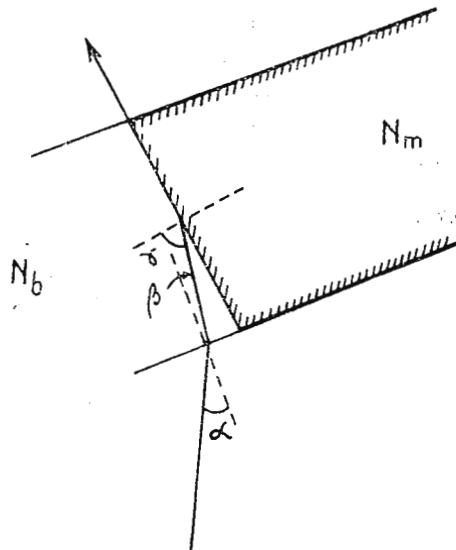


Fig. 24. — Producerea fenomenului de reflexie totală la marginile unui fragment de mineral.

Pentru cele două cazuri particulare $\rho = 0^\circ$ și $\rho = 90^\circ$ relația ia formele :

$$\begin{aligned}\rho = 0^\circ \quad N_m &= \sqrt{N_b^2 - N^2 \sin^2 \alpha} \\ \rho = 90^\circ \quad N_m &= N \sin \alpha\end{aligned}$$

caz în care metoda nu poate fi utilizată însă.

Tehnica de lucru. Se alege un cristal cu fisuri cît mai evidente, dar în același timp fine și regulate; este necesar ca pereții lor să fie paraleli. Se plasează o fisură paralel cu A_4 ; la înclinări în jurul lui A_4 , ea trebuie să prezinte schimbări pregnante ale intensității de iluminare.

Iluminarea microscopului pentru toate operațiuni trebuie să fie cît mai puternică, iar razele să constituie un fascicol paralel; pentru aceasta, se îndepărtează polarizorul și condensorul și se folosește partea plană a oglinziei. Se utilizează obiective cu putere de mărire redusă, măririle puternice neducind la o sensibilă ameliorare a rezultatelor.

Determinarea unghiului ρ se face prin înclinări în jurul axului A_4 , pînă în momentul cînd pereții fisurii apar ca linii foarte fine, abia vizibile; în această poziție fisura are lărgimea minimă.

Pornind de la această poziție, și înclinînd preparatul într-o parte sau în alta, se observă că fisura apare mai largă, și la un moment dat se întunecă complet; acesta este efectul reflexiei totale. Întunecarea persistă pînă cînd se depășește unghiul corespunzător. Aici este însă partea mai slabă a metodei; trecerea de la poziția de iluminare la cea de obscuritate, și invers, nu se face brusc, așa cum ar trebui, ei, din cauza faptului că pereții fisurii nu sunt complet plani — în realitate sunt alcătuiți din numeroase fețe mici — ea se face treptat. Pentru fixarea unghiului α de reflexie totală, suntem nevoiți să utilizăm o poziție intermedieră între cea de luminositate și cea de întunecare.

Valorile α și ρ sunt utilizate, cu ajutorul unei diagrame (pl. V), la determinarea refringenței mineralului N_m . Diagrama este construită pentru valoarea $N_b = 1,54$ — balsam de Canada — și $N = 1,524$, una din valorile foarte comune ale refringenței segmentilor; în cazul utilizării unor segmenti cu altă refringență, este necesar ca unghurile α și ρ să fie corectate pentru această valoare.

În abscisă sunt reprezentate valorile ρ iar în ordonată valorile N_m . Pentru fiecare valoare a unghiului α sunt desenate două curbe notate cu — și +. Curbele notate cu + se utilizează atunci cînd α și ρ au același semn iar curbele notate cu — în caz contrar. Punctul determinat pe una din aceste curbe de valoarea ρ ridicată din abscisă, corespunde, în ordonată, valorii N_m .



Observații în legătură cu aplicarea metodei. Înainte de a începe determinarea este absolut necesar să ne asigurăm că fisurile nu sunt umplute cu produse de alterare a mineralului primar, caz în care se ajunge la valori absurde, utilizând aceeași valoare $N_b = 1,54$, ca pentru balsam.

Limitele în care poate fi aplicată metoda sunt foarte largi. Cu inclinări de $\rho = 30^\circ$ și $\alpha = 60^\circ$ se poate determina o refringență de $N_m = 2,86$. Așa cum s-a văzut însă, este posibilă și determinarea refringențelor sub $N_m = 1,54$.

De obicei, valorile obținute pentru refringențele peste 2 sunt puțin inferioare realității. Rezultatele foarte exacte se obțin pentru refringențe cuprinse între 1,60 și 2,00. Pentru intervalul $N = 1,54 - 1,60$, valorile care se obțin sunt, dimpotrivă, ușor superioare realității. În cazul minerealelor cu refringență sub 1,54, eroarea maximă nu trece de 0,08; ea este de obicei în jurul lui 0,05, putind coborî pînă la 0,02.

Obținerea unor valori cît mai apropiate de realitate este condiționată și de repetarea observațiilor pe mai multe fisuri ale unui aceluiasi cristal. Trebuie să se remарce, în sfîrșit, așa ca și la alte metode, că se obține pentru refringență o valoare medie, care nu corespunde cu $N\beta$.

Metoda lui Berek. Berek a propus o altă metodă de determinare a refringenței cu ajutorul MUF, bazată pe simetria care există între valorile birefringenței măsurate de-o parte și de alta a unui PSO. Metoda dă rezultate foarte exacte, permitînd o aproximare de cîteva unități la zecimala a 3-a și dă o valoare care corespunde, aproximativ, cu $\frac{N\alpha + 2N\beta + N\gamma}{4}$ deci tot o valoare medie.

Operațiunile care trebuie executate sunt următoarele (fig. 25):

Se determină un PSO a cărei coordonată α_2 trebuie să fie numai între 0° și 30° (condiție absolut necesară). Se rotește în jurul axului A_1 la $\alpha_1 + 90^\circ$, A_2 răminînd la 0° . Se rotește în jurul axului A_3 cu 45° și în această poziție se măsoară diferența de drum de-o parte și de alta a PSO din 10° în 10° ; aceste direcții formează un plan perpendicular pe PSO, plan care conține normala la preparat.

Cu cît birefringența este mai mare cu atît sunt necesare mai puține măsurători: una pentru birefringențe de ord. III, cel puțin două pentru birefringențe de ord. II. Pentru birefringențe foarte scăzute — diferență

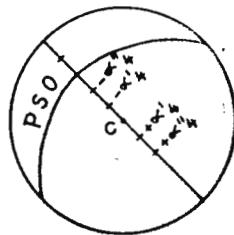


Fig. 25. — Fixarea direcțiilor în care se măsoară diferențele de drum pentru determinarea refringenței.

de drum sub $\frac{\lambda}{2}$ — metoda este nesigură; la feldspați ea nu poate fi aplicată, cel puțin la grosimea normală de 0,02 mm a preparatului.

Diferențele de drum măsurate se înscriu pe o diagramă care are în abscisă înclinările în jurul axului A_4 ($10^\circ = 2 \text{ mm}$) iar în ordonată diferen-

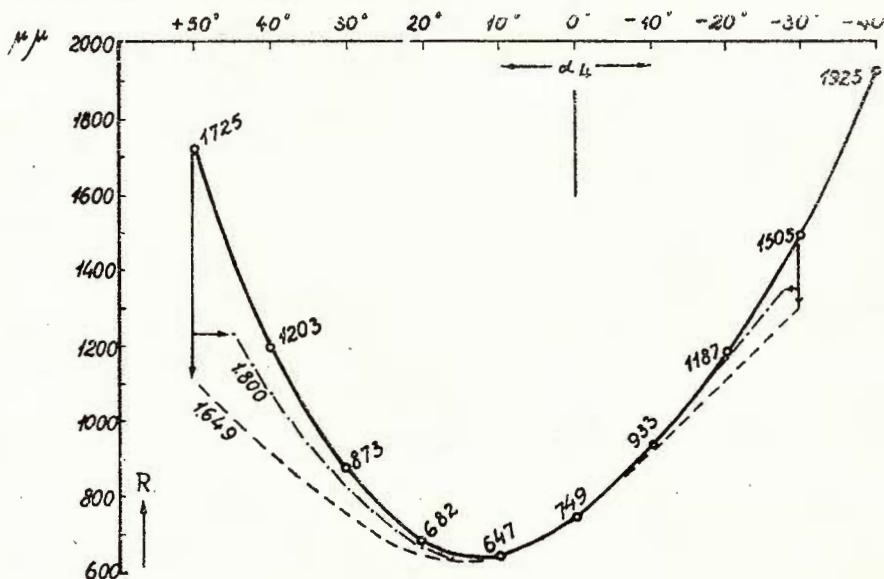


Fig. 26. — Reprezentarea diferențelor de drum măsurate în diferite direcții ale unui plan perpendicular pe un PSO.

rențele de drum ($10 \mu\mu = 1 \text{ mm}$). Punctele obținute se unesc printr-o curbă care poate fi, eventual, precizată prin determinări suplimentare (fig. 26).

Toate diferențele de drum măsurate trebuie reduse la grosimea normală a secțiunii; pentru aceasta, valorile lor se multiplică cu $\cos \alpha_2$, unghiul de înclinare. Proiecțiile noilor puncte se unesc printr-o a două curbă care o atinge pe prima la ordinata ei minimă; această curbă trebuie construită cu multă exactitate.

Din această a două curbă se citesc valorile absciselor corespunzînd unei aceleasi diferențe de drum. Spre exemplu :

| Dif. de drum | stînga | dreapta | suma | semisuma |
|--------------------------|--------|---------|------|----------|
| 1 100 $\mu\mu$ | +49,6 | -19,2 | 30,4 | 15,20 |
| 1 050 $\mu\mu$ | +46,8 | -16,7 | 30,1 | 15,05 |
| 1 000 $\mu\mu$ | +44,0 | -14,2 | 29,8 | 14,90 |

Valorile reprezentănd jumătățile sumelor algebrice ale acestor citiri se trec într-o diagramă, în care în abscisă sunt notate unghiurile ($1^\circ = 10 \text{ mm}$) iar în ordonată diferențele de drum corespunzătoare ($10 \mu\mu = 1 \text{ mm}$). Punctele obținute se vor însira de-a lungul unei drepte sau, cel mai adesea, într-un spațiu redus mărginit de două drepte paralele (fig. 27).

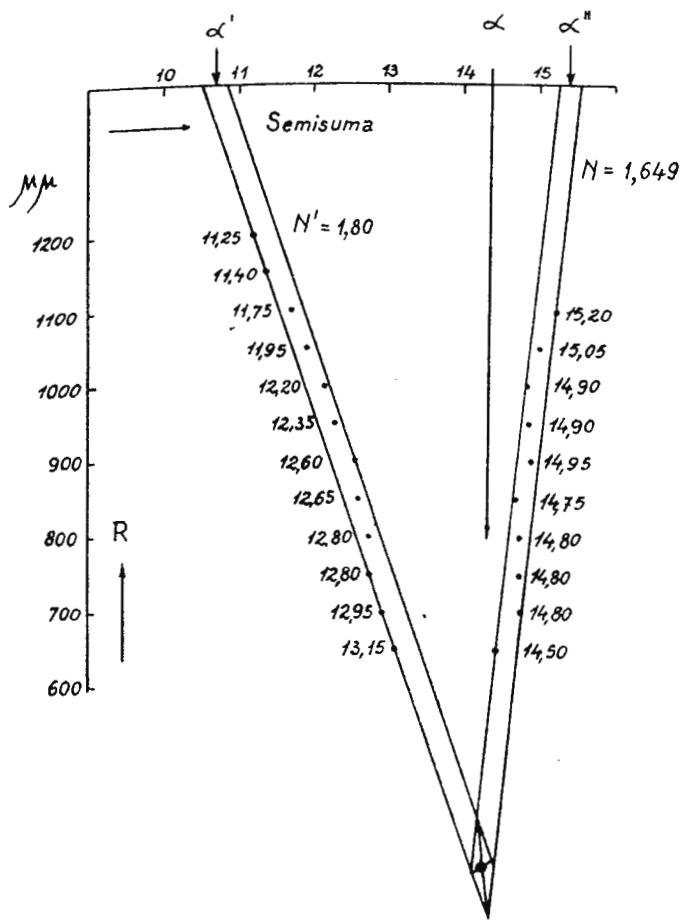


Fig. 27. — Reprezentarea variației diferențelor de drum în funcție de semisuma unghiurilor.

Dacă această pereche de drepte este paralelă cu ordinata, atunci mineralul și segmentul de sticlă au aceeași refringență; dacă, dimpotrivă, dreptele sunt inclinate față de ordinată, cele două refringențe sunt deosebite, și este nevoie de o construcție ajutătoare pentru determinarea refringenței

mineralului. Această construcție se face în modul următor, fără a fi nevoie de măsurători suplimentare :

Se consideră că mineralul ar avea o refringență oarecare, de exemplu $N' = 1,80$, net deosebită de aceea a segmentului. Toate valorile din prima diagramă se corectează pentru această valoare, adică, utilizând nomogramale de corecție se schimbă unghiurile inițiale din abscisă în unghiuri noi, considerind că refringența segmentului este cea normală iar refringența mineralului este cea considerată, 1,80 ; în felul acesta, toate valorile din ordonată își schimbă abscisa și se obține o nouă curbă. La această curbă se repetă operația calculării semisumelor algebrice ale unghiurilor corespunzînd la o aceeași diferență de drum. Cu aceste date se construеște o a doua pereche de linii paralele în ultima diagramă. Cele două perechi de drepte se intersectează formînd un paralelogram al cărui centru are abscisa α . Citind și abscisele punctelor mediane ale intersecțiilor perechilor de paralele cu axa absciselor, α' și α'' , valoarea refringenței mineralului este dată de formula

$$N_m = N_s + \frac{(N' - N_s) (\alpha'' - \alpha)}{\alpha'' - \alpha'}$$

Metoda lui Lodocinicov. O metodă foarte ingenioasă pentru aprecierea refringenței cu ajutorul MUF a fost imaginată de V. N. L o d o c i n i c o v ; ea este de o simplitate și exactitate remarcabilă. Prințipiu acestei metode este următorul :

Placa de sticlă a MUF trebuie să aibă trasate două linii perpendiculare între ele, corespunzînd cu direcțiile de vibrație în cei doi nicoli, sau pe ea trebuie să se așeze o lamă pe care să fie trasate linii perpendiculare ce se aşază în poziție de coincidență cu planele de vibrație ale nico-lilor. Dacă pe placă se găsește o secțiune dintr-un mineral cu refringență deosebită de a ei, imaginile liniilor formate în ocular sunt diferite după poziția de orizontalitate sau înclinare a MUF.

În poziția de orizontalitate, imaginea liniilor se formează prin mineral, refringența mineralului determinînd în mod obișnuit o oarecare deplasare a acestora, care pentru noi reprezintă însă poziția de referință. Dacă însă poziția MUF este schimbată prin înclinare în jurul axului A_4 sau A_2 atunci fenomenele de refracție între placa de sticlă cu liniile trasate și secțiunea de mineral, combinate cu incidența înclinată a fascicolului de raze pe preparat, fac ca imaginea liniilor să apară sensibil deplasată față de poziția lor în cazul orizontalității MUF (poziția de referință). Aprecierea deplasării imaginii permite determinarea refringenței mineralului.



Dacă refracția determinată de preparatul l nu ar avea loc, drumul razelor de lumină ar fi MR (neglijăm refracția determinată de placa p , care nu intră în considerațiile noastre) (fig. 28, c). Din cauza refracției în preparatul l cu refringența N_l , ele parcurg însă drumul $MOAR_1$.

Dacă notăm cu α unghiul de incidentă și cu β unghiul de refracție, atunci $N_l = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$. Imaginea care inițial se forma în R se deplasează cu distanța d pînă în R_1 . În figură se vede că :

$$d = AB = AO \sin (\alpha - \beta) \text{ din triunghiul } AOB,$$

și că

$$AO = \frac{CO}{\cos \beta} = \frac{e}{\cos \beta}$$

din triunghiul COA ,

e fiind grosimea preparatului. Înlocuind valoarea lui AO în prima expresie, obținem :

$$d = \frac{e \cdot \sin (\alpha - \beta)}{\cos \beta} = e (\sin \alpha - \cos \alpha \tan \beta)$$

$$\text{Deoarece } \tan \beta = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}}$$

și utilizând valoarea $\sin \beta$ scoasă din relația $N_l = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$, obținem pentru N_l expresia :

$$N_l^2 = \left(\frac{e \cdot \sin \alpha \cos \alpha}{e \cdot \sin \alpha - d} \right)^2 + \sin^2 \alpha$$

Această expresie arată relația dintre deplasarea imaginii d , grosimea e , unghiul de înclinare α și refringența preparatului N_l . Cum trei din aceste elemente α , d , și e pot fi măsurate direct, valoarea refringenței se obține foarte ușor.

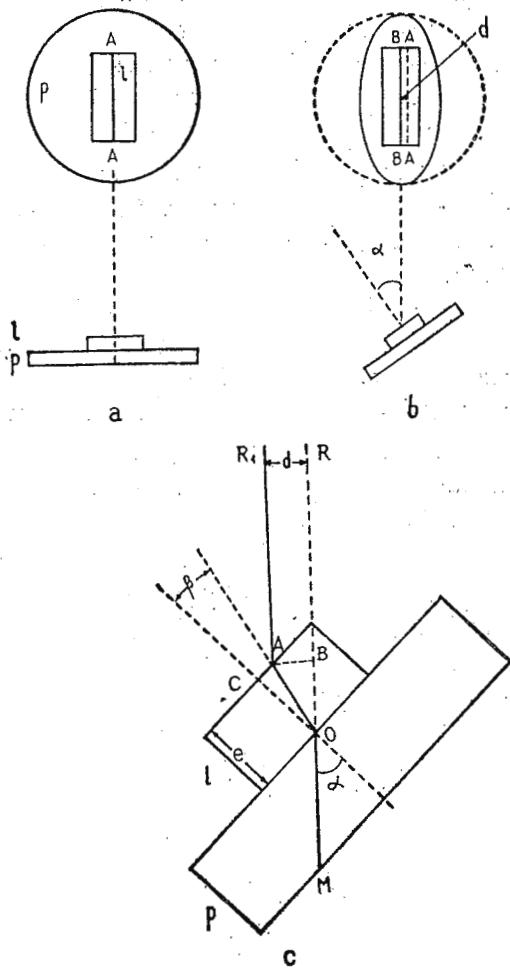


Fig. 28. — Deplasarea imaginii striurilor la înclinarea preparatului.

Deplasarea imaginii se determină cu ajutorul unui micrometru ocular, eventual cu șurub, pentru a putea deplasa scara față de care se fixează pozițiile celor două imagini.

Rezultatele obținute prin acest mod de lucru sunt cu atât mai bune cu cât grosimea preparatului este mai mare și cu cât, de asemenea, deplasarea imaginii este mai mare. Precizia metodei este de $\pm 0,002$.

Pentru operațiunile practice mai trebuie făcute următoarele precizări. Striurile pe placă MUF pot fi înlocuite prin folosirea unei lame cu striuri, care se pune pe placă MUF cu striurile paralele cu planele de vibrație ale celor doi nicoli, fără a se aduce astfel nici o modificare metodei.

Deoarece metoda permite determinarea refringenței în direcții determinate, mineralele anizotrope trebuie orientate în aşa fel ca una din direcțiile principale să fie paralelă cu striurile, în cadrul unui PSO vertical, pentru a se ști în care direcție este măsurată refrigența.

Această metodă poate fi utilizată și pentru determinarea refringenței lichidelor, în cazul în care se adaptează un dispozitiv constând dintr-o celulă în care sunt introduse acestea.

Metoda prezintă mari avantaj de a da rezultate și în cazul refringențelor mari, una din cele mai spinoase probleme ale tuturor refractometrelor.

Refringența mineralelor poate fi determinată cu ajutorul MUF și prin alte metode, care reprezintă însă, în realitate, aplicarea la MUF a unor metode mai generale; acestea necesită însă o aparatură mai complicată și, deși au o exactitate foarte mare, au o aplicare destul de redusă. Este vorba, îndeosebi, de metodele de imersie, care folosesc variația indicilor de refacție a lichidului prin variația temperaturii lui și variația lungimii de undă a luminii utilizate.

CONSTRUCȚIA ȘI CALCULAREA ÎN STEREOPRAGMĂ A UNGHILUI DE EXTINȚIE PE O FAȚĂ OARECARE

Cunoașterea poziției axelor optice permite calcularea prin construcție a unghiului de extincție pe o anumită față, dacă și poziția acestei fețe este fixată în stereogramă. La acest rezultat se ajunge cu ajutorul așa-numitei construcții a lui Fresnel.

Possibilitatea calculării unghiului de extincție într-o direcție dată este de extremă importanță, deoarece în multe cazuri cristalele studiate nu se prezintă secționate după fețele pe care extincțiile au valori caracteristice; această lipsă poate fi deci suplinită prin cunoașterea poziției axelor



optice. Bine înțeles, că această problemă se ridică îndeosebi pentru cristale monoclinice și triclinice, deoarece în sistemele cu simetrie superioară lucrurile se prezintă mult mai simplu. Să examinăm întâi cîteva cazuri particulare, pentru ca apoi, din aproape în aproape, să poată fi prezentat cazul general.

Să presupunem că planul axelor optice este (010), clivajul se produce după (100), iar extincția se cere pe fața (110) între N_x și urma clivajului (100). Fața (110) este proiectată atât ca plan cât și ca pol (a, fig. 29).

Unghiul axelor optice este bisectat de N_x al cărei caracter nu ne interesează. Se construiesc cele două cercuri mari care reprezintă planele ce cuprind cîte o axă optică și normala la fața (110) (adică polul ei); se construiește, de asemenea și planul NEN' care bisectează unghiul format de NAN' și NBN' .

Unghiul CN_x reprezintă maximumul extincției în zona [001], iar unghiul CE reprezintă unghiul de extincție pe fața (110); ambele unghiuri sunt formate de urma planului de clivaj după (100) și de N_x .

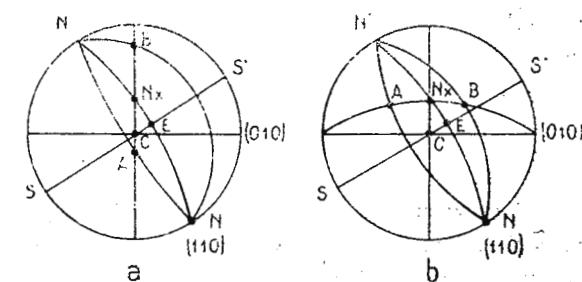


Fig. 29. — Determinarea prin construcție a unghiului de extincție pe fața (110) în două poziții speciale ale planului axelor optice.

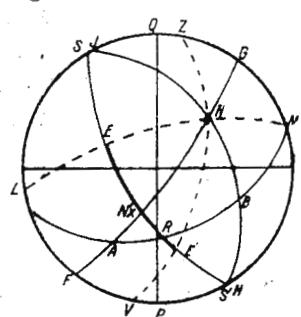


Fig. 30. — Determinarea prin construcție a unghiului de extincție pe o față oarecare.

Construcția este foarte asemănătoare în cazul în care planul axelor optice este perpendicular pe (010). Planul NEN' bisectează unghiul planelor NAN' și NBN' . CN_x este unghiul maxim de extincție în zona [001] iar CE unghiul de extincție pe fața (110).

În cazul general, cînd planul axelor optice nu ocupă o poziție specială, construcția are aspectul din fig. 30. Fie A și B cele două axe optice și planul determinat de ele. Fie SS' planul pe care trebuie determinat unghiul de extincție și N polul acestui plan.

Planele care cuprind axe optice și normala la fața SS' — polul N — sunt $HBNJ$ și $FANG$, iar unghiurile formate de ele sunt bisecțate de planele $LENM$ și $VE'NZ$.

Dacă clivajul se produce după fața (010), planul PQ, atunci ER și E'R. sunt unghiurile de extincție între N' și urma (010) pe fața SS'. Polul N. al feței SS' poate fi adus în centrul stereogramei și atunci ER și E'R. se citesc pe circumferință.



Determinarea unghiului de extincție pe o față oarecare prin construcție poate fi înlocuită și prin calcul, cu ajutorul unei formule, care este însă prea complicată și nu prezintă nici un avantaj asupra determinării grafice.

STUDIUL CONOSCOPIC CU AJUTORUL MUF

Toate metodele de lucru cu MUF expuse pînă acum utilizează lumina paralelă; deși rezultatele obținute în acest fel sunt deosebit de valoroase, în unele imprejurări este de dorit și executarea unui studiu conoscopic.

Încă din 1903, Fedorov și apoi Nikitin au propus aplicarea studiului conoscopic la MUF; Vulf și Zavarițki au arătat în anii următori, atât utilitatea studiului conoscopic cu MUF, cât și faptul că ea este foarte adecvată acestuia. Dificultățile tehnice de obținere a apăraturii necesare au întîrziat însă foarte multă vreme acest mod de lucru.

Studiul conoscopic nu se poate face decît cu obiective cu putere de mărire ridicată; el este deci mult îngreunat de prezența segmentelor emisferici de sticlă, care nu permit apropierea obiectivului de preparat. O primă rezolvare a acestei situații constă în utilizarea unor segmenti cu rază foarte mică, care permit utilizarea unor obiective cu apertura redusă; aceasta scade însă foarte mult eficacitatea MUF, întrucât reduce cîmpul de observație și unghiurile limită de inclinare. O a doua rezolvare constă în construirea unor obiective de formă specială, care, avînd o putere de mărire ridicată, să permită totuși punerea la punct a imaginii și de la distanță mare. Acest fel de obiective nu s-au realizat decît în ultimul timp.

În ambele cazuri, se ridică, de asemenea, problema sistemului convergent; lentila convergentă obișnuită nu poate fi folosită, deoarece planul preparatului este acum la mare distanță de masa microscopului și deci focalul lentilei nu mai cade în preparat. Este necesară utilizarea unui sistem convergent care să strîngă razele în centrul sferei formate de cei doi segmenti. În principiu, este nevoie de un sistem cu aceeași distanță focală și aceeași apertura ca obiectivul întrebuintat. Este suficient deci, în absența unei lentile convergente adecvate, să fie înlocuită cea obișnuită



cu un obiectiv cu aceeași putere de mărire ca cel utilizat pentru observație, dispus în poziție inversă și adus la distanță potrivită de preparat.

Principalul avantaj pe care îl oferă studiul în lumina convergentă cu MUF este o mai precisă punere la punct a axelor optice și deci o mai bună apreciere a unghiului $2V$; în aceste condiții, exactitatea poate merge pînă la $\pm 30'$. Deosebit de importantă este posibilitatea de studiu conoscopic cu MUF și pentru exemplificarea foarte simplă a figurilor de interferență pe o aceeași secțiune, prin evidențierea schimbării lor odată cu schimbarea orientării secțiunii.

BIBLIOGRAFIE

- Aršinov, V. V. (1956). În legătură cu simplificarea metodei Fedorov. *In-ta. cristall. A.N. SSSR* 1954. Ref. *Rev. Geol. Geogr.* 1.
- Berek, M. (1924). Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe der Universaldrehtisch-metoden. Berlin.
- Burri, C. (1950). Das Polarisationsmikroskop. Basel.
- Douglas, D. J. (1940). Reliable and rapid method for distinguishing quartz and untwinned feldspar with the universal stage. *Amer. Min.* 25.
- Duparc, L., Reinhard M. (1924). La détermination des plagioclases dans les coupes minces. Genève.
- Emmons, R. C., Gates, R. M. (1939). New method for the determination of feldspar twins. *Am. Min.* 24.
- Fedorov, E. S. (1893). La méthode théodolit en minéralogie et pétrographie. *Trav. Com. géol. de Russie*, 10, 2.
- Hartshorne, N. H., Stuart, A. (1950). Crystals and the polarising microscope. Londra.
- Heutschel, K. (1931). Die orientierte Lage des Präparates auf den Fedorowschen Universaltischen. *Fortsch. M.G.P.* XVI.
- Nikitin, V. V. (1914). La méthode universelle de Fedoroff. Genève—Paris.
- Reinhard, M. (1931). Universaldrehtischmethoden. Basel.
- Schumann, H. (1937). Erweiterung der konoskopischen Beobachtungsweise durch den Drehtisch. *Fortsch. M.K.P.* 21.
- Schumann, H. (1938). Demonstration allseitig drehbarer konoskopischer Interferenzbilder mittels Mikroprojektionsapparate und Drehtisches. *Zblatt. M.G.P., Abt. A.*
- Белянкин, Д. С., Петров, В. П. (1951). Кристаллооптика Москва.
- Варданянц, Л. А. (1959). Теория Федоровского метода. Ереван.
- Федоров, Е. С. (1903). Об определении по универсальному методу всех трех показателей преломления... *Зап. Спб. Мин. Об-ва*. 40.
- Федоров, Е. С. (1903). Последние шаги в деле универсально-оптических исследований. *Зап. Спб. Мин. Об-ва*. 40.
- Лодочников, В. Н. (1953). Федоровский метод как рефрактометр. в Универсальный столик Е. С. Федорова. Изд. Ак. Наук СССР. Москва.
- Соболев, В. С. (1954). Федоровский метод. Москва.





Institutul Geologic al României

PARTEA III

DETERMINAREA FELDSPAȚILOR PLAGIOLAZI

FELDSPAȚII PLAGIOLAZI. CARACTERE GENERALE

Caractere chimice. Feldspații constituie un sistem de trei componente, $KAlSi_3O_8$ — $NaAlSi_3O_8$ — $CaAl_2Si_2O_8$, în care intervin în cantități reduse Ba și Sr .

Cristalele mixte formate de albit și anortit poartă numele de plagioclazi; în realitate, deoarece fac parte dintr-un sistem de trei componente, toți plagioclazii conțin și molecule de ortoză, în cantități variabile. De acest conținut nu se ține însă seama în practica curentă, compozitia plagioclazilor fiind reprezentată prin raportul procentelor de albit și anortit pe care le conțin. În unele cazuri, la oligoclaz, acest conținut poate fi atât de ridicat încât s-au separat termeni deosebiți, cărora li s-a dat numele de „rhombenfeldspäte”¹⁾, datorită dezvoltării prismelor (110), (1 $\bar{1}$ 0) și (201) la cristalele lor, ceea ce determină conture rombice în secțiunile perpendiculare pe axul vertical.

Caractere morfologice. Feldspații plagioclazi cristalizează în sistemul triclinic; toți prezintă același tip de cristale, foarte puțin variabil. Relația axială a :b:c variază în limitele 0,66 : 1 : 0,55 la 0,63 : 1 : 0,56, iar unghiiile α , β , γ aproximativ în limitele :

$$\alpha = 93^\circ - 94^\circ 30', \beta = 116^\circ - 116^\circ 30', \gamma = 87^\circ - 91^\circ 30'$$
(fig. 31),
ceea ce determină un aspect foarte apropiat de cel al cristalelor monoclincice; ei pot fi considerați chiar hipocubici.

Fetele cele mai frecvente sunt (001), (110), (1 $\bar{1}$ 0), (010), (10 $\bar{1}$); apoi (11 $\bar{1}$), (1 $\bar{1}$ 1), (130), (1 $\bar{3}$ 0), (021), (0 $\bar{2}$ 1) și în al treilea rînd (100), (2 $\bar{2}$ 1), (2 $\bar{2}$ 1), (111), (1 $\bar{1}$ 1). Principalele zone sunt deci [001], [010] [101] [102], [100], [112].

¹⁾ Pentru evitarea confuziilor care s-ar putea naște în privința sistemului de cristalizare nu utilizăm traducerea expresiei în limba română.



Variația poziției relative a principalelor fețe, deci a unghiușilor pe care le fac între ele, este redată în diagrama din fig. 32.

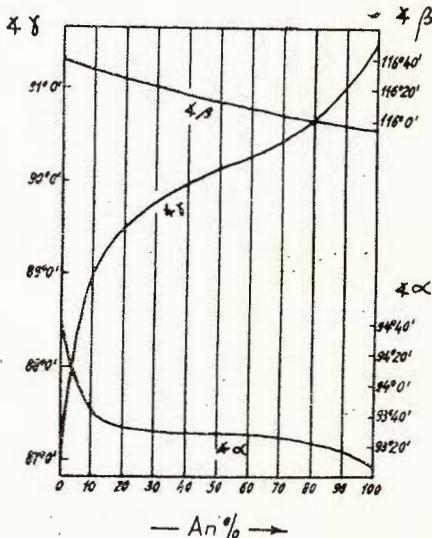


Fig. 31. — Variația unghiușilor dintre axele cristalografice la feldspați plagioclazi.

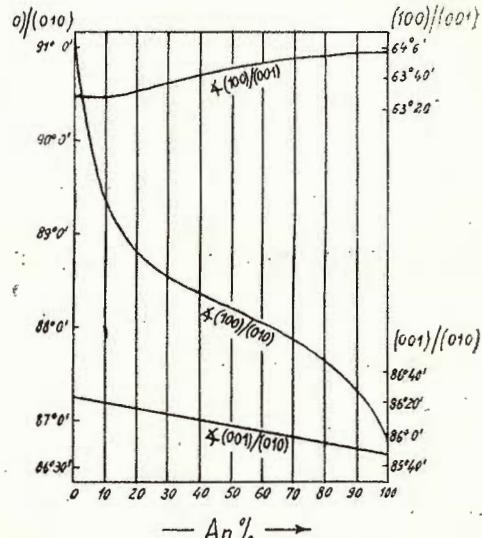


Fig. 32. — Variația unghiușului dintre principalele fețe ale cristalelor de feldspați plagioclazi.

Feldspații plagioclazi formează, în mod obișnuit, macle de numeroase tipuri. Se pot deosebi trei grupe :

Macle normale, după legea zisă a normalei sau a planului de maclă, la care axul de maclă este normală la o față a cristalului, față care este în același timp și plan de maclă și plan de alipire.

Macle paralele, după legea zisă a axului de zonă, la care axul de maclă este o muchie a cristalului, a cărui direcție este deci reprezentată prin axul zonei respective. Planul de alipire corespunde uneia dintre fețele din zona axului de maclă și nu mai corespunde cu planul de maclă.

Macle complexe, după legea zisă complexă sau legea normalei la muchie, la care axul de maclă este normală la una din muchiile cristalului și este cuprins în una din fețele care se intersectează în această muchie. Planul de alipire este față în care se găsește axul de maclă și nu coincide cu planul de maclă. Aceste macle sunt interpretate în mod obișnuit ca duble maclări și în acest fel au și fost denumite.

La feldspații plagioclazi a fost identificat un mare număr de posibilități de maclare, cca 20, dintre care însă unele nu prezintă decât o foarte redusă importanță. Formele principale ale maclelor, interesante pentru determinări sunt date în tabelul 4.

TABELUL 4

| Legea | Ax de maclă | Plan alipire | Tip de maclă |
|--|---|---|---|
| Legea normalei (macle normale) | — (010) — (001) — (021) — (021) — (110) — (110) — [001] | (010) (001) (021) (021) (110) (110) în zona [001], cel mai adesea (010) | albit Manebach Baveno dr. Baveno st. prisma dr. prisma st. Karlsbad |
| Legea axului de zonă (macle paralele) | [100] [100] [010] [010] | (001) (001) (001) în zona [010], cel mai adesea (001) și secț. rombică | Ala-A Ala-B } Esterel aklin periklin |
| Legea normalei la muchie (macle complexe) | — [001] — [100] — [010] — [100] | (010) (010) (001) (001) | albit-Karlsbad albit-Ala B Manebach-Aklin Manebach-Ala A |

Asupra acestor macle trebuie făcute următoarele observații :

a) Diversele tipuri de maclă se deosebesc prin axul de maclă (cu excepția Ala A — Ala B și periklin-aklin).

b) Planul de maclă al maclelor periklin este aşa numita secțiune rombică ; această secțiune se găsește în zona [010] și are poziții variate în funcție de conținutul în An. Ea face cu fața (001) un unghi de $+37^\circ$ la albit și -17° la anortit, fiind în coincidență cu (001) (devenind astfel maclă aklin) pentru 45% An. (fig. 33).

c) Exceptând maclele Baveno și cele „prismă” care sunt foarte rare, exceptând de asemenea și maclele periklin, se constată că singurele plane de alipire sunt (010) și (001). Toată atenția se va îndrepta deci asupra zonelor perpendiculare pe acești pinacoizi.

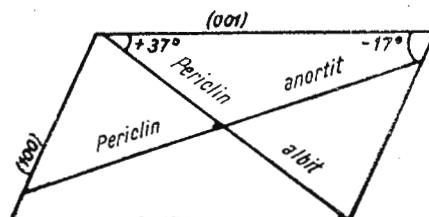


Fig. 33. — Variația poziției secțiunii rombice în seria plagioclazilor.

d) Dintre maclele care au ca plan de alipire (010), maclele albit sunt cele mai frecvente; urmează cele Karlsbad și cele albit-Karlsbad, pentru ca toate celelalte să fie numai rarități.

e) Maclele cu plan de alipire (001) sunt mult mai rare ca cele cu plan de alipire (010), totuși destul de frecvente pentru a putea produce confuzii.

O problemă foarte importantă care se ridică în urma prezentării acestei largi variații a tipurilor de macle, este aceea a posibilității de identificare a lor. O bună parte dintre macle se pot ușor separa după caracterele morfologice; o altă parte se identifică mult mai greu, pentru că, în sfîrșit, o altă categorie să fie imposibil de separat între ele, având aspecte identice. Posibilitatea de diferențiere a maclelor trebuie privită în legătură cu aspectul crucii axiale, întrucât ea determină poziția axelor de maclă, singurele pentru care se pune problema confuziilor, planele de alipire fiind net deosebite între ele. Crucea axială a feldspațiilor plagioclazi este caracterizată prin valori α , β , γ variabile (fig. 31 și 34).

Fig. 34. — Crucea axială la feldspați plagioclazi.

În planul care cuprinde axele [100] și [001], cele patru direcții principale [100], [001], \perp [100] și \perp [001] sunt net deosebite, deoarece unghiul β este mult diferit de 90° . În planul (001), însă, din cauza unghiului γ , care pentru unele compozitii are chiar valoarea 90° , direcțiile [100] și [010] devin perpendiculare între ele și deci \perp [100] = [010] și \perp [010] = [100]. Rotirile în jurul acestor axe nu mai pot da rezultate diferite în cazurile în care planele de concreștere sunt aceleasi. Din această cauză

Manebach — aklin = Ala A

Manebach — Ala A = aklin

Aceste situații de nedeterminare se mențin și pentru unghiiurile γ foarte apropiate de 90° .

Din cele expuse, rezultă că majoritatea maclelor pot fi deosebite după caractere morfologice, în cazul unei bune dezvoltări a cristalelor; în studiul microscopic, pot fi deosebite însă toate tipurile de macle, dacă pe lîngă elementele indicatricei cristalelor se proiectează și suficiente elemente morfologice.



Feldspații plagioclazi clivează după planele (001) și (010). Se constată, de asemenea, clivaje slabe după (100) și foarte rare după fețele de prismă (110) și (110).

Caractere optice. Feldspații plagioclazi constituie exemplificarea cea mai sugestivă a variației proprietăților cristalelor în funcție de compoziția lor chimică, în serile izomorfe.

Deși studiul proprietăților optice ale plagioclazilor este foarte avansat, nu se poate spune că pînă acum s-au elucidat toate problemele; de altfel, abia de curînd (1941—1942) s-a făcut una din descoperirile de maximă importanță privind optica plagioclazilor, variația caracterelor lor în funcție de modul de geneză.

Refringența plagioclazilor variază între valorile 1,53—1,59 de la albă la anortit. După cum se vede în diagrama din fig. 35, curbele care reprezintă variația celor trei indici, aproape paralele între ele, au un aspect ascendent foarte regulat. Determinarea refringenței se dovedește, astfel, a fi foarte utilă pentru identificarea plagioclazilor — deși variația ei se desfășoară în limite destul de restrînse. Deoarece între valorile 1,53 și 1,59 se plasează atît refringența balsamului de Canada $N = 1,540$ cît și aceea a cuartului $N_g = 1,544$, $N_e = 1,553$ (aproape totdeauna prezent în secțiuni) o primă apreciere, cu caracter informativ, asupra refringenței plagioclazilor — și deci asupra compoziției lor poate fi imediat făcută.

Birefringența este un element care nu poate caracteriza în condiții multumitoare diversii termeni ai plagioclazilor. Atît birefringența maximă cît și celelalte două birefringențe principale variază în limite foarte restrînse și prezintă aceleași valori pentru mai multe situații, ceea ce duce la nedeterminări (fig. 36).

Unghiul axelor optice, ca și *semnal optic*, sunt caractere care pot fi folosite numai ajutător, corelate cu alte date. Curba reprezentind variația

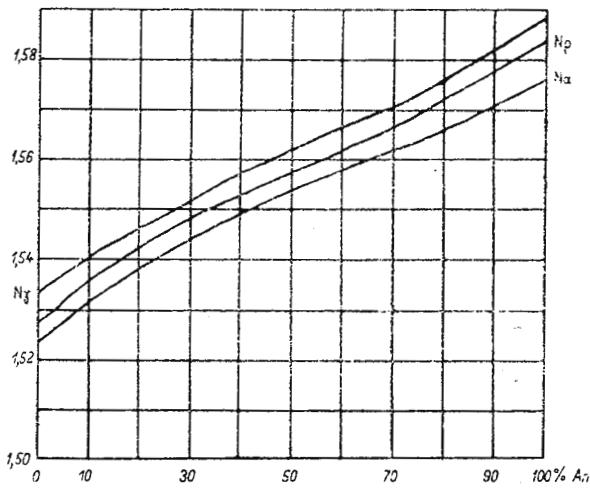


Fig. 35. — Variația refringenței în seria plagioclazilor.

unghiului $2V$ are un aspect sinusoidal, prezintănd valori identice pentru două și chiar trei cazuri. Valorile unghiului $2V$ fiind foarte apropiate de 90° este imposibil, în majoritatea cazurilor, să se identifice bisectoarea ascuțită.

Pozitia indicatricei. Caracterele cele mai importante pentru determinarea plagioclazilor sunt legate de variația poziției indicatricei în cristale corespunzînd unor compozitii deosebite. Astfel, dacă la albit planul axelor optice este aproape paralel cu (001) , ușor inclinat către (010) , odată cu creșterea conținutului de anortit el își schimbă poziția înclinându-se spre (100) și spre $(\bar{1}\bar{0}0)$. La anortit planul axelor optice este aproape totdeauna vertical, avînd o poziție aproximativ diagonală, de la muchia (100) (010) la muchia $(\bar{1}00)$ $(0\bar{1}0)$.

În cursul migrației planului axelor optice direcția N_β joacă aproape rolul unui ax de rotație, întrucât poziția sa pe față (010) — aproape normală — se schimbă foarte puțin.

Urmărirea variației poziției indicatricei constituie mijlocul principal pentru determinarea plagioclazilor. Aceasta se face prin considerarea poziției relative a elementelor optice și geometrice (fig. 37).

Fig. 36. — Variația valorilor birefringențelor principale și a unghiului $2V$ în seria plagioclazilor.

DISCUȚIA PRINCIPIULUI DE DETERMINARE A PLAGIOCLAZILOR PRIN CONSIDERAREA POZIȚIEI RELATIVE A ELEMENTELOR OPTICE ȘI GEOMETRICE

Cunoașterea poziției elementelor optice și geometrice ale cristalelor — perfect posibilă cu ajutorul MUF — permite determinarea compozitiei plagioclazilor (elementele geometrice utilizate sunt planele de clivaj și cele de alipire la macle). Relațiile lor de poziție se dau ca diagrame în care, fie că elementele geometrice sunt socotite fixe și cele optice variabile, fie invers, elementele optice sunt socotite fixe și se urmărește variația poziției elementelor geometrice. Înainte de a trece la prezentarea procedeelor care permit obținerea acestor date este necesar să se discute însăși principiul metodei.



O primă problemă este aceea a constanței poziției elementelor geometrice. Pentru a putea raporta la ele variația poziției elementelor optice, este necesar să ne asigurăm, în prealabil, de invariabilitatea

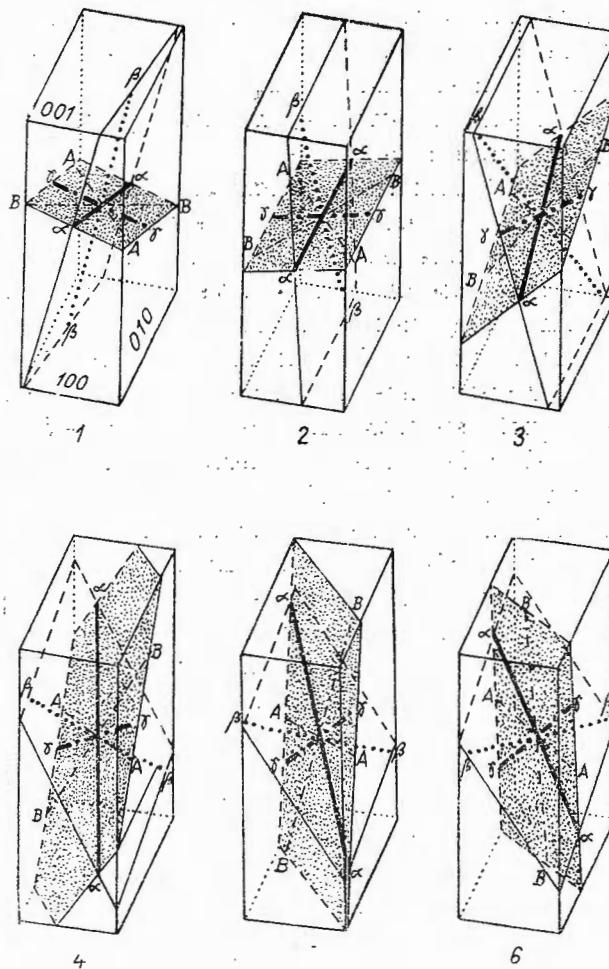


Fig. 37. — Poziția indicatricei la feldspații plagioclazi cu optică de temperatură scăzută :
1-6: albīt-anortit.

poziției lor sau, să cunoaștem cu exactitate care sunt schimbările pe care le pot suferi. Ceva mai sus s-au prezentat unghiurile pe care le fac între ele fețele (100), (010), (001) și variația lor. După cum se vede din diagramă (fig. 32), variația acestor unghiuri, deci variația poziției fețelor, este

foarte redusă : cca 1° pentru $\wedge(100)$ (001) și $\wedge(001)$ (010) și cca 4° pentru $\wedge(010)$ (100).

Dacă considerăm fixă una din aceste fețe, (010), în toată seria plagioclazilor trebuie reținută numai migrația feței (100) — care antrenează cu ea și fața (110) — în timp ce poziția feței (001) poate fi considerată fixă față de (100) și (010).

În operațiile de determinare a plagioclazilor variația poziției feței (100) nu conduce la erori importante ; de altfel, pe toate diagramele se indică spațiul de migrație al acesteia.

Legată de această problemă, a constanței elementelor geometrice, este și aceea a prezenței fețelor vicinale. De foarte multe ori, în cazul maclelor, alipirea nu se face după planele obișnuite, (010) sau (001) ci după plane foarte apropiate de ele ca poziție, dar totuși deosebite, aşa-numitele fețe vicinale. Aceasta face ca aprecierea poziției planului căutat să fie eronată, deoarece, în mod obișnuit, nu poate fi recunoscută prezența unei fețe vicinale. Prezența fețelor vicinale poate duce la erori apreciabile ; din această cauză este totdeauna preferabilă considerarea planelor de clivaj și nu a acelora de concreștere, deoarece poziția acestora nu este afectată de prezența fețelor vicinale.

O a doua problemă care trebuie examinată este constanța poziției elementelor optice la cristale cu aceeași compoziție chimică.

Principalele diagrame care se folosesc astăzi pentru determinarea plagioclazilor cu MUF au fost construite de Fedorov, Nikitin, Berek, Reinhard, Duparc. Încă de la început însă, s-a constatat că există numeroase nepotriviri între curbele construite și măsurările noi care se executau ; nepotrivirile se manifestă prin pozițiile aberante pe care le au unele față de altelele elementele geometrice și optice, în afara curbelor de variație stabilite. După ce au fost înălțurate toate motivele de erori — privind greșelile personale, exactitatea construirii curbelor, participarea unui al treilea component în chimismul plagioclazilor, prezența fețelor vicinale — s-a constatat că există totuși numeroase cazuri în care măsurările care se execută nu concordă cu curbele standard.

Această situație a fost clarificată de A. Köhler în 1941, care, sesizând faptul că totalitatea aşa-ziselor „anomalii” provin de la feldspați din roci vulcanice, în timp ce pentru construirea curbelor standard s-au folosit aproape în totalitatea cazurilor feldspați din roci intruzive și metamorfice, a demonstrat apoi că optica plagioclazilor este determinată de modul lor de geneză. Cercetările sale au arătat că plagioclazi cu o aceeași compoziție chimică au o orientare optică variată, după cum au luat naștere în procese vulcanice, pe de o parte, sau în procese plutonice și



metamorfice, pe de altă parte. Se vorbește astfel despre o optică de temperatură înaltă, la produsele vulcanice, și o optică de temperatură scăzută la produsele fenomenelor plutonice și metamorfice. Această situație este asemănătoare aceleia de la feldspații potasici, unde sanidina și ortoza diferă prin optica lor, datorită diferenței de geneză.

Se înțelege că, ținând seama de această variabilitate a orientării optice a plagioclazilor, trebuie să se construiască două serii de curbe, pentru fiecare categorie genetică cîte una. Curbele inițiale rămîn valabile pentru determinarea plagioclazilor din rocile plutonice și metamorfice; pentru cristalele cu optică de temperatură înaltă au fost construite curbe speciale și acestea sunt singurele care dau rezultate reale pentru aceste situații.

Situația aceasta pare a se complica însă, deoarece în ultima vreme s-au strîns tot mai multe observații care par să arate că, în afară de optică de temperatură înaltă și cea de temperatură scăzută, există și aspecte intermediare. Cercetători din diverse regiuni ale globului, lucrînd pe materiale complet deosebite, arată că în unele roci se întîlnesc feldspați la care poziția indicatricei nu se încadrează în nici una din situațiile extreme; aceasta ar fi, poate, cazul rocilor hipoabisale, care reprezintă, de altfel, condiții de geneză intermediare între cele plutonice și cele efuzive. Această problemă se găsește, deocamdată, numai în stadiul de adunare a observațiilor; nu s-a încercat încă construirea unor curbe speciale pentru asemenea situații.



Cunoscînd aceste date asupra poziției elementelor optice și geometrice în cristalele de plagioclazi, se poate trece la expunerea metodelor de determinare.

METODA CLASICĂ FEDOROV

Metoda clasică pentru determinarea plagioclazilor cu ajutorul MUF a fost elaborată de Fedorov. El a arătat că relațiile dintre poziția elementelor optice și geometrice pot fi urmărite cu ajutorul unor stereograme. El a construit primele stereograme standard, înfățișînd migrația elementelor optice față de cele geometrice considerate fixe și a celor geometrice față de cele optice considerate fixe. Nu există nici o diferență de fond între aceste două categorii de diagrame; ele nu sunt decît două moduri de prezentare a acelorași date.

Pentru determinarea plagioclazilor cu ajutorul acestei metode este necesară cunoașterea poziției celor trei direcții N_x , N_y , N_z și poziția unui



element geometric, un plan de clivaj sau un plan de alipire la maclă; după cum se folosește unul sau celălalt dintră elementele geometrice se recurge și la poziția axei de maclă. În cadrul metodei se individualizează mai multe procedee de lucru (a se remarcă faptul că în cazul construirii axei de maclă este nevoie — așa cum se știe — să se cunoască orientarea optică a doi indivizi maclăți).

Obținerea pozitiei elementelor enumerate se face cu mijloacele cunoscute. Interpretarea stereogramelor se face prin compararea lor cu stereogramele standard, după ce ele au fost aduse la același plan de proiecție cu acestea ($\perp N_\beta$, \perp zona [001], etc.) Principalele stereograme standard sunt descrise în continuare¹⁾.

Stereograma $\perp N_\beta$ (pl. VII). Stereograma $\perp N_\beta$ are ca plan de proiecție planul axelor optice, N_α și N_γ , fiind deci cele două diametre. Curbele pe care le conține reprezintă migrația principalelor plane cristalografice în întreaga serie a plagioclazilor.

Pentru utilizarea acestei stereograme este necesar ca stereograma obținută prin măsurători să fie rotită în așa fel ca N_β să ajungă în centru. Pentru aceasta, este suficient ca polul N_β să fie adus pe diametrul paralel și apoi, pe acesta, transportat pînă în centrul stereogramei; mișcarea imprimată pe acest diametru punctului N_β trebuie să fie însotită de mișcări unghiulare egale pentru toate celelalte puncte, pe paralelele respective. În felul acesta, punctele N_α și N_γ ajung pe circumferință.

La același rezultat se poate ajunge prin considerarea inițială a pozitiei punctelor N_α și N_γ ; urmărind să le aducem pe circumferință, le plasăm întîi pe un același meridian și apoi de aici, fiecare pe paralela respectivă este adus la periferia stereogramei. În momentul în care și celorlalte puncte ale stereogramei li se imprimă o mișcare de aceeași amplitudine, N_β ajunge în centru.

La suprapunerea celor două stereograme există mai multe posibilități deoarece în construcția stereogramei standard, celor trei direcții N_α , N_β , N_γ li s-au dat sensuri + și -. Stereograma standard reprezintă emisfera superioară, N_α și N_γ avînd sensul pozitiv înspre nord și respectiv spre est iar N_β în sus. Cum în stereograma care se obține prin măsurători, nu există posibilitatea de a se stabili sensul direcțiilor, poziția reală se găsește prin încercări, aceasta apreciindu-se prin încadrarea punctelor

¹⁾ Poziția elementelor indicatricei la feldspații de temperatură înaltă nu a fost trecută pînă acum decît în unele din diagramele clasice alcătuite de Fedorov, Nikitin, Berek, Reinhard, Duparc; o parte din diagramele descrise în continuare nu conțin decît curbele pentru optica de temperatură joasă.



de proiecție pe una din curbe. Există patru posibilități de suprapunere, dintre care una singură este justă (fig. 38).

Deoarece, în urma determinărilor făcute pînă acum, nu există posibilitatea separării planelor de clivaj sau alipire (010) și (001) între ele, poziția bună de suprapunere trebuie apreciată prin încadrarea polului

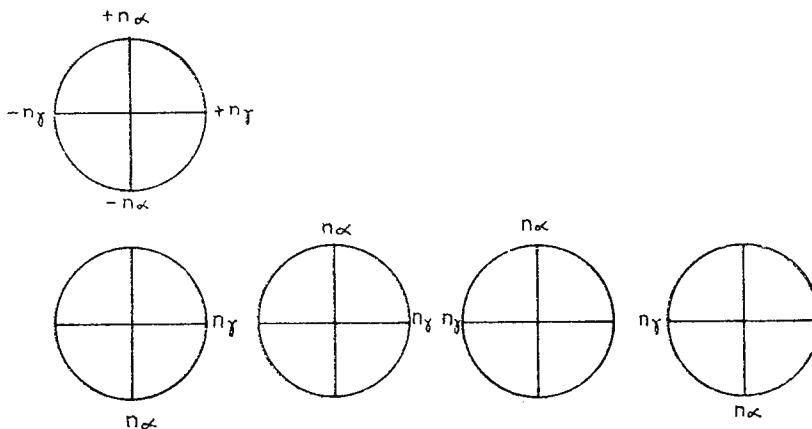


Fig. 38. — Suprapunerea stereogramei măsurate peste stereograma-standard.

planului de clivaj sau alipire într-o singură pozitie, operație care are deci, ca urmare și determinarea acestui plan. Cum însă, în anumite cazuri, există posibilitatea ca polul unui plan să se poată încadra în două curbe diferite din stereogramă — ducind la nedeterminări — este indicat să se folosească totdeauna polii ambelor plane de clivaj și să se urmărească încadrarea lor simultană în curbe, situație care nu se poate obține decât într-o singură pozitie.

Pozitia pe care o ocupă punctul considerat pe curba care îi corespunde, permite determinarea participării anortitului în compozitia cristalului. Trebuie remarcat faptul că în cadrul proiecției polului feței (010) determinarea plagioclazilor între 0—30% an este imposibilă, întrucât curba care reprezintă migrația acestui pol este, în acest interval, aproape în coincidență cu diametrul orizontal, ceea ce face ca punctul să se încadreze în curbă în mai multe alternative de suprapunere a stereogramelor.

Stereograma \perp zona [001] (pl. VII). Stereograma \perp zona [001] are ca plan de proiecție un plan perpendicular pe această zonă. Punctul fix al stereogramei este fața ((010), care se găsește totdeauna la extremitatea estică a diametrului orizontal; fața (I00) se găsește la extremitatea sudică a diametrului vertical, dar din cauza variației unghiului său

cu (010) nu poate fi reprezentată printr-un punct. Pe stereogramă este reprezentată, prin curbe, variația pozițiilor direcțiilor N_α , N_β , N_γ și a axelor optice A și B.

Pentru a putea compara o stereogramă cu această stereogramă standard, este necesar să o aducem la același plan de proiecție, $\perp [001]$ sau, ceea ce revine la același lucru, să aducem polul feței (010) (cunoscut ca plan de alipire sau clivaj) în partea dreaptă a diametrului orizontal. Această operație se face în modul descris mai sus. Stereograma poate fi apoi suprapusă peste stereograma standard; urmărirea poziției polilor direcțiilor permite cunoașterea compoziției chimice a cristalului considerat.

Utilizarea stereogramei $\perp [010]$ este însă dificilă, pentru că nu se știe niciodată cu ce plan de clivaj sau de alipire avem de-a face. În cazul existenței polilor ambelor plane de clivaj trebuie deci să se alcătuiască două stereograme care să fie interpretate, cîte una pentru fiecare pol; încadrarea polilor direcțiilor N_α , N_β , N_γ în curbe, arată că polul din acel caz reprezintă planul (010). La compararea stereogramelor trebuie considerate, și aici, cele patru posibilități de suprapunere.

Determinarea legilor de maclă. Studiul cu MUF permite, în totalitatea cazurilor, determinarea tipurilor de maclă la plagioclazi; determinarea cu MUF este singurul mijloc de identificare a tipului de maclă, în cazul în care caracterele morfologice ale acestora sunt insuficiente.

În operațiile de determinare a tipurilor de maclă se disting două cazuri: concreșterea este făcută după un plan regulat, caz în care considerarea acestuia este suficientă pentru determinare, sau concreșterea este făcută după un plan neregulat, caz în care trebuie construit axul de maclă.

Maclele cu plan de concreștere regulat. În această situație, două dintre tipurile de maclă pot fi imediat identificate, numai prin proiecțarea polului planului de concreștere: maclele periklin și maclele Baveno. Planele de concreștere — secțiunea rombică și (021) sau (021) — se întâlnesc numai la ele, așa încît aceste tipuri de maclă se identifică cu ajutorul stereogramei $\perp N_\beta$ în care există curbe reprezentînd migrația polilor acestor plane.

Celelalte macle, exceptînd pe cele de tipul prismă care sunt foarte rare, au toate ca plan de concreștere (010) și (001); pentru diferențierea lor este necesar să se folosească date suplimentare.

Extincțiile celor doi indivizi, sau două serii de indivizi constituie un punct de sprijin prețios în aceste cazuri. La maclele după legea normalei,



planul de concreștere coincide cu planul de maclă și deci orientarea optică a celor doi indivizi este simetrică față de acesta : maclele albit în cazul planului de alipire (010) au extincții simetrice (în secțiuni perpendiculare pe planul de alipire) în timp ce maclele după celelalte două legi—axul de zonă și normala la muchie—au extincții asimetrice. De asemenea, în cazul planului de concreștere (001) maclele Manebach au extincții simetrice.

Pentru toate celelalte cazuri, sunt necesare și alte observații ; determinarea legii de maclă se face observând în proiecția stereografică repartizarea polilor reprezentând elementele optice ale indivizilor maclați. Examinarea din acest punct de vedere se poate face uneori în orice stereogramă, dar este preferabil ca ele să fie aduse la plane de proiecție corespunzînd cu planul de alipire, caz în care observația este mai ușoară.

În stereograma din fig.

39, care prezintă una dintre situațiile cele mai simple, se poate constata de la prima vedere că elementele unui individ sunt simetrice față de elementele celuilalt, după un plan care este în același timp și planul de concreștere al celor doi indivizi ; această situație corespunde maclelor după legea normalei.

Mult mai evidente apar lucrurile însă dacă planul de proiecție al stereogramei coincide cu planul de alipire. Rotirea stereogramei în așa fel ca polul planului de concreștere să ajungă în centru — în acest caz, polul planului de clivaj după (010) — duce la aspectul din fig. 40.

Iată care sunt situațiile generale în care se pot prezenta elementele optice ale indivizilor divers maclați, în stereograme care au ca plan de proiecție planul de alipire al maclelor. Proiecția stereografică a unui complex de 4 indivizi maclați după toate cele trei legi, într-o stereogramă care are ca plan de proiecție planul de maclă (și alipire) la maclele normale are aspectul din fig. 41.

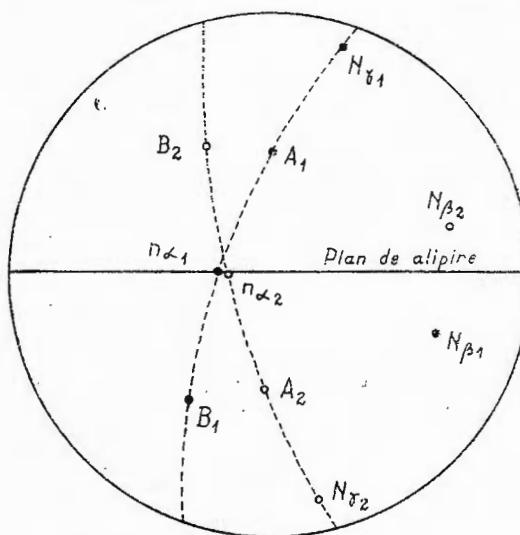


Fig. 39. — Elementele optice și planul de alipire la doi indivizi maclați albit. Planul de proiecție este un plan oricare.

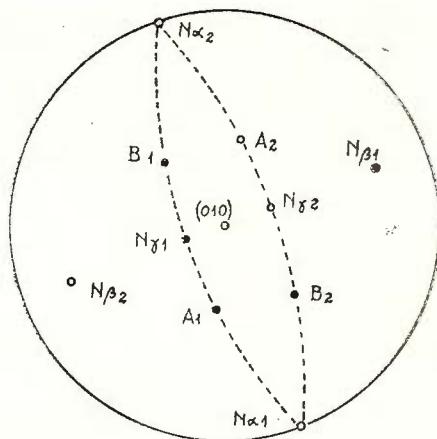


Fig. 40. — Aceleasi elemente ca in fig. 39.
Planul de proiecție este (010).

venind din mișcările caracteristice celorlalte două legi de maclă; 1 ajunge în 2' în două etape: 1 la 1' prin legea normalei și 1' la 2' prin legea axului de zonă.

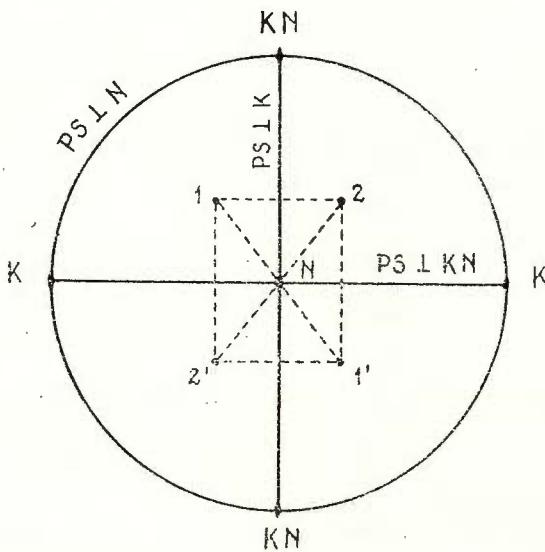


Fig. 41. — Reprezentarea schematică a unui grup de patru cristale maclate după cele trei legi; plan de proiecție: planul de alipire al măcălelor normale.
N, ax de maclă, legea normalei.
KK, axă de maclă, legea axei de zonă.
KN - KN, axă de maclă, legea normalei la muchie.
PS, planele perpendiculare pe cele trei axe de maclă.

Indivizii 1 cu 1' și 2 cu 2' se găsesc în poziție de macle normale; legea normalei, prin rotire față de axul N, aduce pe 1 în 1' și 2 în 2'.

Indivizii 1 cu 2 și 1' cu 2' se găsesc în poziție de macle paralele; legea axului de zonă, prin oglindire față de $PS \perp K$, aduce pe 1 în 2 și 1' în 2'.

Indivizii 1 cu 2' și 1' cu 2 sunt în poziție de macle complexe; legea normalei la muchie aduce pe 1 în 2' și pe 1' în 2 prin reflexie față de planul de simetrie perpendicular pe axul de maclă. Trebuie remarcat faptul că aceste macle pot fi socotite și ca provenind din mișcările caracteristice celorlalte două legi de maclă; 1 ajunge în 2' în două etape: 1 la 1' prin legea normalei și 1' la 2' prin legea axului de zonă.

Același sistem de patru indivizi maclați după toate cele 3 legi se prezintă, într-o stereogramă care are ca plan de proiecție planul de alipire de la maclele paralele (legea axului de zonă) așa ca în fig. 42.

Indivizii 1 cu 1' și 2 cu 2' se găsesc în poziție de macle normale; 1 cu 2 și 1' cu 2' în poziție de macle paralele iar 1 cu 2' și 1' cu 2 în poziție de macle complexe.

Deoarece, exceptând maclele Baveno și prismă, planele de alipire sunt totdeauna (010) și (001), se înțelege că a reprezenta situația indivizilor maclați în stereogramă având ca plan de pro-

iecție planul de alipire, revine la a-i reprezenta în stereogramme cu plane de proiecție (010) și (001). Planșele IX și X reprezintă, proiectate pe planele (010) și (001), migrația polilor direcțiilor optice ale unui individ fundamental (1 în stereogrammele din figurile 41 și 42). Pe stereogramme sunt figurate și planele de simetrie ale diverselor macle a căror alipire se produce după planele respective; aceste plane de simetrie servesc la aprecierea modelului în care se repartizează în stereogramă elementele a doi indivizi maclați, servesc deci la identificarea tipului de maclă.

Stereogrammele având ca plan de proiecție planele (010) și (001) servesc și la determinarea compoziției, în mod cu totul asemănător cu celelalte stereogramme: aprecierea poziției pe care o ocupă punctul de proiecție în curbă. De remarcat faptul că la un anumit moment, numai elementele unui singur individ se încadrează în curbele din stereograma standard; pentru ca elementele celui de al doilea individ să coincidă cu curbele este nevoie ca polilor acestuia să li se imprime o mișcare corespunzătoare tipului de maclă dintre cei doi indivizi. Si aici există cele patru alternative de suprapunere a stereogramelor.

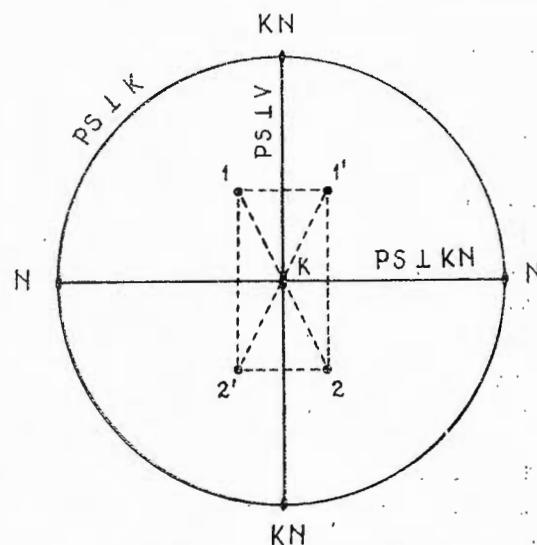


Fig. 42. — Reprezentarea schematică a unui grup de patru cristale maclăți după cele trei legi; plan de proiecție : planul de alipire la maclele paralele :
K, axă de maclă, legea axei de zonă.
N-N, axă de maclă, legea normalei.
KN-KN, axă de maclă, legea normalei la muche.
PS, planele perpendiculare pe cele trei axe de maclă.

Determinarea legilor de maclă în cazul concreșterilor neregulate.
Sunt foarte frecvente cazurile în care maclele nu prezintă un plan de concreștere regulat; în aceste situații, determinarea lor nu se mai poate face după metodele expuse, prin considerarea planului de alipire. Rezolvarea problemei în astfel de cazuri se face cu ajutorul axelor de maclă; ca și planele de maclă, ele prezintă o variație de poziție bine stabilită în cadrul seriei plagioclazilor.

Construcția axului de maclă se face cu mijloacele deja cunoscute. Migrația axelor de maclă la plagioclazi este reprezentată într-o diagramă perpendiculară pe N_β (pl. XI); ea permite atât identificarea axului de maclă (și deci a tipului de maclă), cât și determinarea compoziției. În cazul termenilor acizi și neutri, curbele reprezentând axele $[010] = \perp [100]$ în (001) și $[100] = \perp [010]$ în (001) sunt foarte apropiate de diametre și dau loc la nedeterminări, la suprapunerile de puncte pe curbe în mai multe poziții.

Diagrama lui Nikitin. Dintre cele cinci stereograme descrise în cadrul metodei Fedorov, două sunt mai importante, ca putind rezolva toate problemele ce se întâlnesc: cele două stereograme perpendiculare pe N_β în care este prezentată migrația polilor principalelor fețe și a axelor de maclă. Partea fixă a acestor stereograme, sistemul lor de coordonate, este reprezentat — aşa cum se știe — prin direcțiile N_α , N_β și N_γ , considerate în ambele lor sensuri pozitiv și negativ, față de punctul de intersecție. Din acest motiv, al considerării celor două sensuri, la suprapunerea stereogramelor obținute prin măsurători peste stereogramele standard se prezintă cele patru alternative.

Tinând la simplificarea acestor operațiuni, Nikitin a alcătuit o diagramă la folosirea căreia nu mai sunt necesare mai multe încercări pentru găsirea poziției de suprapunere, întrucât nu mai este vorba de considerarea în două sensuri a coordonatelor acesteia. Elementele care permit construcția diagramei sunt *unghiuurile ascuțite pe care le fac direcțiile axelor de maclare sau normalele pe planele considerate cu cele trei direcții N_α , N_β , N_γ* . Se obțin în felul acesta niște coordonate unghiulare ale căror valori sunt totdeauna sub 90° ; plasarea punctelor reprezentative poate fi făcută, astfel, într-o diagramă de forma unui sfert de cerc pe care să fie posibilă măsurarea distanțelor unghiulare de la cele trei direcții N_α , N_β , N_γ , care sunt reprezentate prin punctele de la capetele razelor ce determină sectorul de cerc și intersecția acestora (pl. XII). Măsurarea distanțelor unghiulare este posibilă prin trasarea de arce de cerc în jurul celor trei puncte N_α , N_β , N_γ .

Avantajului menționat pentru această diagramă — dispariția celor patru alternative de suprapunere — i se opun însă două neajunsuri: a) se mențin situațiile de nedeterminare cunoscute de la stereogramele anterioare și b) într-un spațiu restrins sunt aglomerate foarte multe curbe.

PROCEDEUL LUI EMMONS PENTRU MUF CU CINCI AXE

Folosind MUF cu cinci axe, Emmons a elaborat un procedeu care reușește să stabilească rapid și precis poziția axelor de maclă, reușește



adică să determine atât tipul de maclă cît și compoziția plagioclazilor. Pentru determinare se utilizează orice cristale maclate.

Să presupunem că utilizăm un cristal cu trei sisteme de lamele M_1M_2 , și M_3 . Într-o primă etapă a determinării se obține orientarea optică a uneia din lamelele de maclă, cu ajutorul axelor A_0 , A_1 și A_2 . Poziția care se obține corespunde complet cu orientarea diagramei care se va folosi pentru determinare (diagrama $\perp N_\beta$ conținând migrația axelor de maclă), dacă cele trei direcții principale sunt așezate $N\alpha \parallel NS$, $N\gamma \parallel EV$ și N_β în axul microscopului. Se obțin trei valori (presupunem înclinări spre S și E în jurul axelor A_0 și A_1) : α_0S ; α_1 ; α_2E .

În a doua etapă, pornind de la poziția obținută, planul de alipire al maclei se așează vertical, în poziție NS, cu ajutorul axelor A_2 și A_3 ; citirile corespunzătoare sunt α'_2 și α_3 . În această situație, rotirea în jurul axului A_4 arată dacă maclele sunt normale, în cazul unei intensități luminoase egale a lamelelor, sau sunt paralele ori complexe, în cazul unor iluminări deosebite. Să presupunem că se prezintă ambele cazuri, sistemul M_1-M_2 fiind după legea normalei iar M_1-M_3 după una din celelalte legi.

Pentru primul caz, poziția axei de maclă coincide cu axul A_4 , aşa încât considerind poziția acesteia există toate datele necesare determinării.

În cazul prezenței maclelor paralele sau complexe, se rotește în jurul axului A_4 pînă la iluminarea comună, notîndu-se această poziție α_4S (presupunem înclinarea spre S); în acest moment axa de maclă se găsește sau orizontal NS sau vertical în axul microscopului. Identificarea ei se face cu ajutorul axului A_5 ; se rotește masa în jurul lui, observîndu-se modul în care se produce extincția; dacă extincțiile sunt egale și de semn contrar axa este orizontală; dacă ambele lamele sting simultan axa este verticală. Se notează rezultatul cu α_4H sau α_4V după cum axa este orizontală sau verticală.

Toate datele necesare alcăturirii stereogrammei există în acest moment. Principiul obținerii ei este următorul: în poziția inițială lamela de maclă era orientată la fel ca stereograma Fedorov, perpendicular pe N_β , $N\gamma$ în direcția E V și $N\alpha$ în direcția NS, iar obținerea axelor de maclă s-a făcut prin alterarea acestei poziții; este deci necesar să se revină la ea. Pentru aceasta, toate mișările care au fost imprimate preparatului, pentru găsirea axelor de maclă, trebuie notate în sens invers pe stereogramă; în felul acesta se obține proiecția axei de maclă determinate.

Ordinea în care se notează aceste rotiri pe stereogramă este exact cea inversă efectuării lor. Întii se notează rotirea în jurul axului A_4 pentru a-l aduce pe A_3 vertical (fig. 43); apoi rotirea în jurul acestuia pentru a-l aduce pe A_2 în poziția inițială. Notarea rotirii în jurul axului A_2 , în conti-

nuaire, se face ținând seama de sensul celor două mișcări α_2 și α'_2 , făcind suma algebrică a celor două valori. Și, în fine, dacă s-au executat și rotiri în jurul axului A_0 (aceasta se întâmplă cind sunt mai multe fețe de alipire) se notează și inversele acestora.

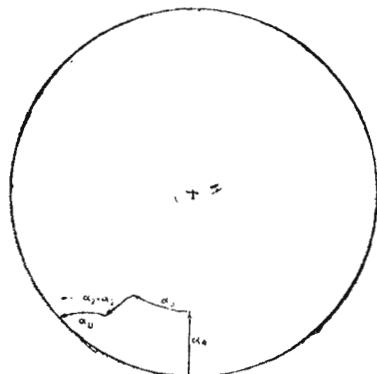


Fig. 43. — Notarea pe stereogramă a mișcărilor executate în cadrul procedeeului lui Emmons.

puțin una singură mai dezvoltată. Caracteristica acestui procedeu este că, menținând de la metoda clasică atât universalitatea cât și precizia rezultatelor, necesită un timp de lucru foarte redus.

CONSIDERAȚII ASUPRA STEREOGRAMELOR STANDARD UTILIZATE ÎN DETERMINĂRILE CU METODA FEDOROV

Construirea curbelor din stereogramele standard a fost făcută (de Fedorov, Nikitin, Duparc, Reinhard, Berek) prin determinarea poziției relative a elementelor optice și geometrice la cristale de plagioclazi cu compoziție chimică cunoscută. Alegerea unor cristale cu compoziții diferite (4% An, 13% An, 20% An, 25% An, 29% An, 35% An, 52% An, 64% An, 72% An, 97% An,) a permis obținerea unor curbe complete între 0% și 100% An; punctele corespunzătoare acestor compoziții sunt marcate pe curbe (vezi planșele). Alegerea cristalelor care să se prezinte determinărilor necesare elaborării acestor curbe a fost foarte dificilă; de dificultățiile întâlnite în aceste momente sunt legate o serie de inexacități în rezolvarea inițială a problemei.

Un prim aspect al acestei probleme l-am menționat deja: pornind de la necesitatea de a lucra cu cristale perfect omogene pentru a putea fi analizate chimic — s-au utilizat numai feldspați din roci plutonice și meta-

În felul acesta s-a obținut pe stereogramă poziția axei de maclă determinate; aceasta poate fi, fără vreo altă modificare suprapusă peste stereograma standard, care infățișează variația poziției axelor de maclă; se ajunge astfel la determinarea tipului de maclă și a compoziției.

Este de remarcat că procedeul prezent, deși bazat pe principiul de determinare al lui Fedorov, utilizează și elemente accesoria (aprecierea legilor de maclă cu ajutorul extincțiilor). Spre deosebire de metoda clasică a lui Fedorov, acest procedeu poate fi aplicat și în cazul lamelelor de maclă foarte fine, dacă există cel

morfice, fără a se bănui că modul de geneză are o influență hotărîtoare asupra orientării elementelor optice la aceste minerale; curbele obținute au fost, astfel, de neînțrebuită pentru cristalele din rocile efuzive.

Un al doilea aspect al problemei privește exactitatea desenului curbelor; în timp ce în domeniul acid numărul de cristale analizate este suficient de mare, în domeniul intermedian și bazic numărul acestora este foarte redus, fapt care a făcut necesare interpolări foarte largi. Exactitatea desenului este deci mai mare în partea acidă a curbelor decât în rest.

În sfîrșit, un al treilea aspect al problemei este acela al calibrării curbelor. Dupăre și Reinhard au notat pe curbe numai punctele corespunzînd determinărilor făcute (vezi mai sus); aprecierile între două puncte foarte depărtate — aşa ca de la 35% An la 52% An sau de la 72% An la 97% An nu putea fi, binenînteles, decât puțin satisfăcătoare. Pornind de la aceste puncte sigure, Berek a desenat curbe pe care prin interpolare a notat punctele corespunzînd compozitiilor 10%, 20% An etc.; aceste curbe ar trebui să permită o mai bună apreciere a compozitiilor, dacă poziția punctelor zecimale ar avea asigurată exactitatea.

Recunoașterea dependenței dintre poziția indicatricei și geneza cristalelor la feldspații plagioclazi a făcut necesară revizuirea tuturor diagramelor folosite în determinări; această operație a întîrziat însă, deoarece A. Köhler — cel care a recunoscut această dependență — a elaborat și o nouă metodă de determinare a feldspațiilor plagioclazi, pentru care a construit diagrame cu două serii de curbe, pentru optica de temperatură înaltă și de temperatură scăzută. O serie de evidente avantaje pe care le prezintă această metodă (vezi mai departe) a făcut ca ea să fie, aproape în exclusivitate utilizată în ultima vreme. Pînă în acest moment nu au fost completate decât parțial cu curbe pentru temperatură ridicată, stereogramele standard pentru metoda clasică (pl. VII și XI).

Celelalte două aspecte ale problemei — exactitatea desenului și calibrarea curbelor — au fost și ele parțial rezolvate în ultima vreme. Stereogramele din planșele VII și XI sunt, și de data aceasta singurele care corespund și acestor cerințe; pentru construirea curbelor lor au fost folosite 25 cristale cu optică de temperatură înaltă și 20 cristale cu optică de temperatură scăzută, în ambele cazuri cu o repartizare uniformă în intervalul 0—100% An. Fixarea punctelor care separă intervale egale de anortit a fost făcută nu numai pe baza celor 20 și 25 poziții cunoscute, ci și cu ajutorul așa-numitelor unghiuri ale lui Euler (valori unghiulare care caracterizează poziția reciprocă a două sisteme de cîte trei axe rectangulare) a căror variație, mai regulată, permite interpolări mai exacte decât cele făcute direct în curbele din stereograme.

Asupra curbelor figurate în planșele VII și XI se pot face următoarele observații :

- a) Cristalelor de temperatură scăzută și temperatură înaltă le corespund curbe complet diferite. Poziția relativă a curbelor corespunzătoare nu este supusă unor reguli precise.
- b) Intervalul în care migrează polul unei anumite direcții (lungimea curbelor) poate să fie foarte diferit la formele de temperatură înaltă și temperatură scăzută (așa ca în cazul polului direcției N_α).
- c) Intervalele de egal conținut în anortit nu sunt reprezentate prin porțiuni egale ale curbelor.
- d) În punctele în care se intersectează, curbele de temperatură înaltă și temperatură scăzută au valori deosebite pentru participarea anortitului, fapt care subliniază, încă o dată, erorile care se produc atunci cînd determinarea de compoziție nu este făcută cu curbele adecvate.



Foarte recent Glauser și Wenk au arătat că apare ca foarte posibil ca aspectul curbelor din stereogramele standard să nu fie decît o concretizare foarte puțin exactă — corespunzînd stadiului cunoștințelor noastre în acest domeniu — a modului în care migrează vectorii optici sau geometrici în seria plagioclazilor. Examinînd critic poziția polilor diverselor direcții în stereogramă, pentru un număr foarte mare de determinări, considerînd pozițiile medii ale acestor puncte (centrele de greutate) acești autori prezintă o serie de observații care arată că migrarea, cel puțin a unora dintre direcțiile optice și cel puțin în anumite intervale de participare a anortitului, se face nu în mod oarecare ci se supune unor legi geometrice. Astfel, spre exemplu, polul direcției N_β pentru plagioclazii de temperatură înaltă între 0—10% An ca și pentru cei de temperatură scăzută între 30—100% An se dispun pe un arc de cerc cu polul (120) ca centru sferic, în timp ce pentru restul plagioclazilor de temperatură înaltă, între 0 și 30% An polul acestei direcții se găsește aproape în planul (010) (fig. 44). Polii direcției N_β la plagioclazii de temperatură înaltă, între 40—100% An se dispun de asemenea pe un arc de cerc cu (010) ca centru sferic ; direcția N_β la toți ceilalți plagioclazi se dispune pe curbe neregulate.

Observațiile menționate sunt deosebit de interesante și importante. Acest mod de a vedea lucrurile este întărit, între altele, de faptul că punctele în care curbele (zonele) regulate menționate se „frîng” (la N_β îndeosebi) corespund unor plagioclazi (cu o anumită compoziție) pentru care au fost puse în evidență și schimbări structurale.



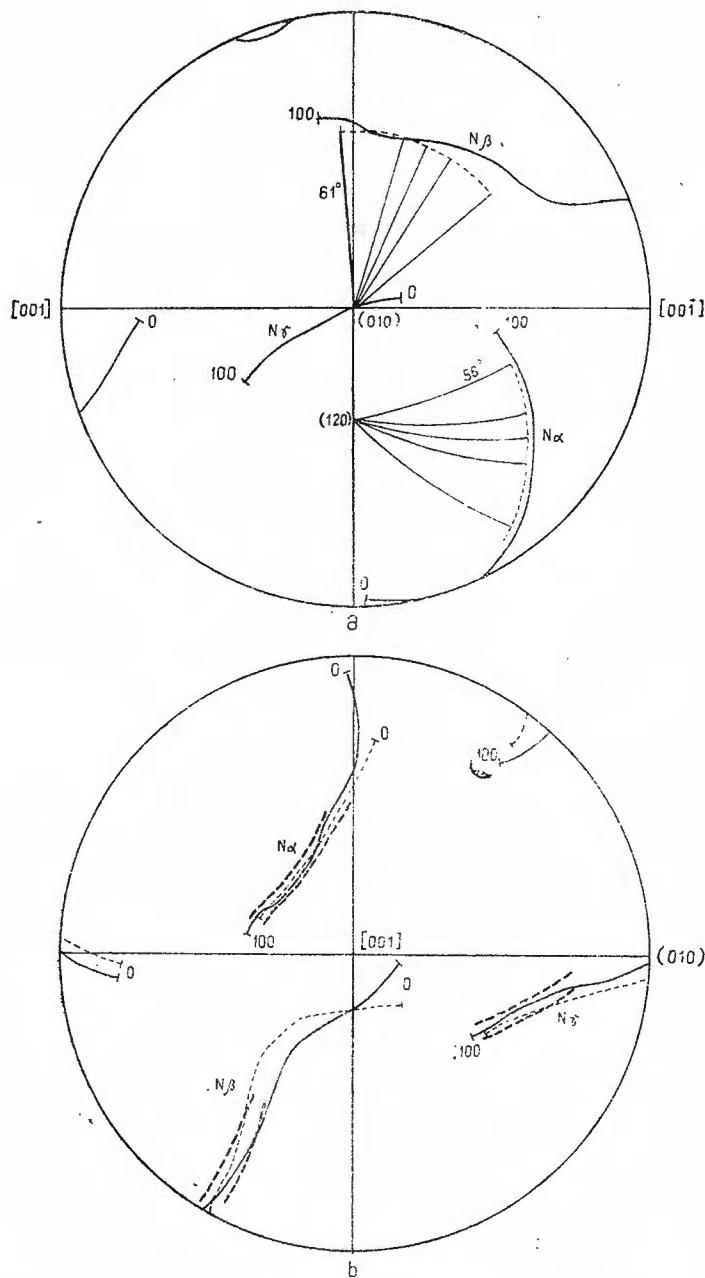


Fig. 44. — Dispunerea regulată a polilor direcțiilor optice la plagioclazi (A se compara cu planșele VIII și IX).

O consecință demnă de reținut a acestor rezultate este faptul că datorită modului deosebit în care plagioclazii de temperatură ridicată și temperatură scăzută se supun sau nu „legilor de migrare” există posibilitatea de a-i deosebi între ei (plagioclazii între 0—30% An se deosebesc prin poziția polului direcției N_α , cei între 40—100% An prin poziția polului direcției N_β , etc).

★

O ultimă observație care se poate face asupra stereogramelor standard utilizate în metoda Fedorov privește existența anumitor zone (extreme, foarte albitice și foarte anortitice) nefavorabile determinărilor. În aceste domenii, poziția polilor diverselor direcții coincide uneori cu unul din diametre și deci nu se poate alege nici una din alternativele de suprapunere a stereogramelor; tot aici — în domeniul bazic, cu deosebire — migrarea polilor are loc într-un spațiu foarte restrâns, ceea ce duce la mari dificultăți în aprecierea cantitativă a legăturilor dintre compozitia chimică și poziția acestora.

Aceste deficiențe nu privesc însă metoda în sine ci sunt o consecință a situațiilor obiective, a relațiilor reale de poziție între elementele optice și geometrice la feldspații plagioclazi; o parte dintre ele le vom reîntâlni și în cadrul altor metode de determinare.

METODA ZAVARIȚKI

Utilizând MUF cu cinci axe, Z a v a r i ū k i a reușit să pună la punct o metodă nouă pentru determinarea maclelor și a compozitiei plagioclazilor. Principiul metodei este, ca și în metoda Fedorov, acela de a stabili o relație de poziție între elementele geometrice ale cristalului și poziția elementelor indicatricei; nou și foarte ingenios este modul de rezolvare al problemei.

Bazat pe faptul că pentru orientarea indicatricei unui cristal sunt suficiente mișcări în jurul a numai trei axe interioare ale MUF, Z a v a r i ū k i folosește celelalte două axe pentru a stabili poziția unui element geometric, axă de măclă sau plan de alipire. Poziția acestuia față de elementele indicatricei este redată de valorile inclinărilor în jurul ultimelor două axe, valori care pot fi folosite drept coordonate polare. Pe aceste baze se pot construi diagrame având ca abscisă și ordonată valorile celor două coordinate φ și λ , în care să fie reprezentată migrația diverselor elemente cristalografice. Z a v a r i ū k i folosește migrația elementelor de măclă, pe curbele respective înscrind și valorile concentrației în anortit.

Operațiunile care duc la aceste determinări au următorul mers. Se examinează un sistem de lamele măclate; cu ajutorul axelor interioare A_0 ,



A_1 , A_2 se determină orientarea indicatricei într-o lama din lamele (se aduc adică cele trei direcții principale de vibrație din cristal în coincidență cu axul microscopului și cu direcțiile EV și NS). Folosind axele exterioare A_3 și A_4 se aduce apoi planul de maclă în poziție verticală, paralel cu direcția EV. În această poziție cele două serii de lamele vor fi egal sau diferit iluminate.

Prima situație se obține totdeauna în cazul maclelor după legea normalei, și numai în cazuri speciale la maclele paralele și complexe, atunci cind axa de maclă, fiind situată în planul de concreștere, coincide cu axul EV sau cu axul microscopului. Existenta maclelor după legea normalei se verifică prin egalitatea unghiurilor de extincție. Celelalte două alternative se disting prin rotiri în jurul axului microscopului sau în jurul axei EV (ca la procedeul lui E m m o n s).

A doua situație — iluminarea deosebită — se obține în cazul maclelor paralele sau complexe, cind axa de maclă are o poziție oarecare.

În cazul maclelor după legea normalei, axa de maclă, aşa cum se știe, este perpendiculară, cel mai frecvent pe planele (010) sau (001). Procedeul indicat a putut fixa precis prin cele două valori φ și λ orientarea axei de maclă (care este perpendiculară pe planul EV) și cu ajutorul diagramei se determină conținutul de anortit.

În cazul maclelor paralele și complexe, la care axa de maclă se găsește în planul de alipire, în situația la care s-a ajuns pînă acum nu se pot obține decît informații aproximative asupra tipului de maclă. Precizarea lui se face prin noi rotiri în jurul celor două axe exterioare, pentru a aduce axa de maclă în coincidență cu direcția NS sau cu axul microscopului.

Diagrama pe care se interpretează rezultatele măsurătorilor (pl. XIII) are în abscisă valoarea φ (unghiul de rotire în jurul axei EV orizontale) iar în ordonată valoarea λ (unghiul de rotire în jurul axului vertical), sau invers; ea are trei părți, corespunzînd celor trei cazuri în care N_γ , N_α sau N_β au fost aduse în axul microscopului. În aceste diverse cazuri, unghiul se măsoară de la N_γ , N_α sau N_β . Pe diagramă sunt figurate curbele care reprezintă migrația axelor de maclă și a plantelor de alipire la principalele tipuri de maclă.

Metoda elaborată de Zavarițki prezintă cîteva importante avantaje. Ea este, în primul rînd, foarte rapidă. Ea elimină orice calcul grafic, orice proiecție pe stereogramme și orice rotire a acestora, și prin aceasta numeroase izvoare de erori. Determinarea se face cu un număr minim de citiri: cele două coordonate φ și λ . Metoda are o aplicare foarte largă și duce în același timp, atât la determinarea tipului de maclă cît și la determinarea conținutului de anortit. Analiza detaliată a diagramelor arată care sunt curbele cele mai favorabile determinării diverselor cate-



gorii de plagioclazi și pune și de data aceasta în evidență situațiile cele mai puțin propice din domeniile extreme ale chimismului acestora.

METODA ZONElor (RITTMANN)

Metoda zonelor a fost elaborată de A. Rittmann în 1929. Ea prezintă avantajul unui timp mai scurt necesar operațiunilor de determinare,

în dauna exactității însă; dacă metoda Fedorov putea ajunge pînă la o aproximație de 5% An, metoda zonelor furnizează rezultate a căror exactitate este legată de o variație a valorilor determine de 5–10% An. Ea este foarte indicată pentru cazurile în care interesă, nu atît o exactitate prea avansată, cît valori medii, comparative. La fel ca și metoda Fedorov, ea permite determinarea foarte ușoară a legilor de maclă.

Metoda zonelor constituie întregirea metodelor mai vechi de determinare a feldspațiilor cu ajutorul extincțiilor (o determinare indirectă, deci, a poziției indicatricei); ea constituie lărgirea posibilităților acestor metode prin utilizarea MUF. Prințipiu metodei nu este nou deci; nouă este numai folosirea MUF în desfășurarea acestor metode.

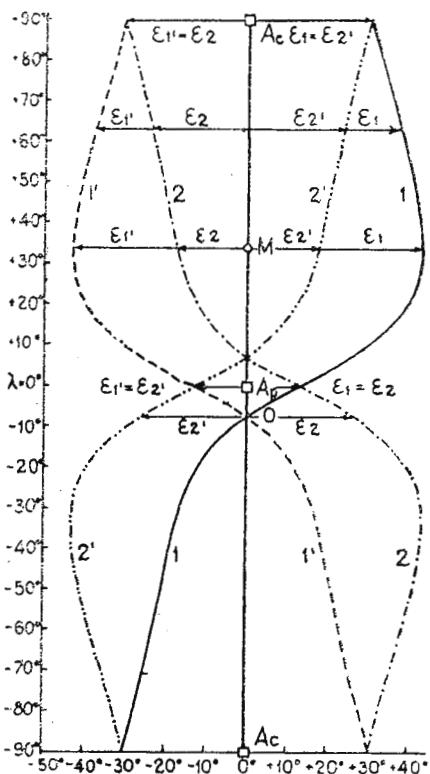


Fig. 45. — Curbile de extincție ale elementelor de maclă în zona \perp (010) la un feldspat plagioclaz cu 73% An.

Curba 1 reprezintă extincțile în individul de bază.
Curba 1' reprezintă extincțile în individul maclat după legea normală.

Curba 2 reprezintă extincțile în individul maclat paralel.

Curba 2' reprezintă extincțile în individul maclat complex.

A₄, axă de maclă, mace paralele.

Ac, axă de maclă, mace complexe.

M, direcția extincției maxime.

O, direcția extincției drepte.

Studiul extincțiilor în zona perpendiculară pe un plan de concreștere este foarte interesant și instructiv. MUF permite, prin inclinări în jurul axului A₄, să se aducă în direcția de observație circa 65% din toate direcțiile cuprinse într-un plan de maclă așezat perpendicular pe axul A₄. Măsurarea extincțiilor, în pozițiile de diferită înclinare în jurul axului A₄, permite alcătuirea unor curbe, într-o diagramă în care abscisa reprezintă

valorile unghiului de extincție iar ordonata diversele direcții din planul de maclă (înclinările α_4) (fig. 45).

Curbele din fig. 45 corespund unui plagioclaz cu 73% An, în zona \perp (010). Pentru fiecare compoziție se obțin, bineînteleș, curbe cu alt aspect. În aceste curbe se pot observa două puncte deosebite de toate celelalte; cel care reprezintă extincția dreaptă O și cel care reprezintă extincția

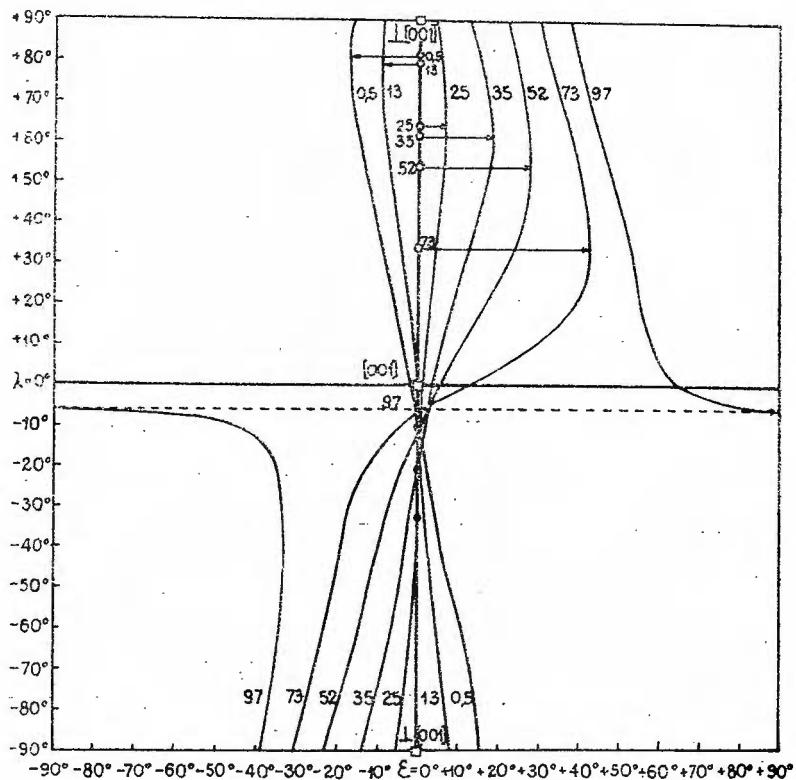


Fig. 46. — Curbele de extincție în zona \perp (010) pentru 7 principale compozitii ale plagioclazilor.

maximă M. Curbele corespunzind diverselor compozitii au, se înțelege, valori variate pentru M și O. Considerarea acestor valori, pentru diversele conținuturi de anortit, în zonele \perp (010) și (001), reprezintă esența metodei zonelor.

Zona perpendiculară pe (010). Curbele reprezentând variația unghiurilor de extincție ale plagioclazilor cu diverse compozitii au, în această zonă, aspectul din fig. 46. În zona perpendiculară pe (010) există următoarele

directii principale (fig. 46 si 47) : [100], P (directia sectiunii rombice, \perp [001], [001], M (directia de extincie maxima), O (directia de extincie dreapta).

Dintre aceste direcții numai unele au o variație de poziție dependentă de conținutul în anortit de o asemenea natură încât observarea ei să duce la determinarea compozitiei. Încă de la început se poate constata, spre

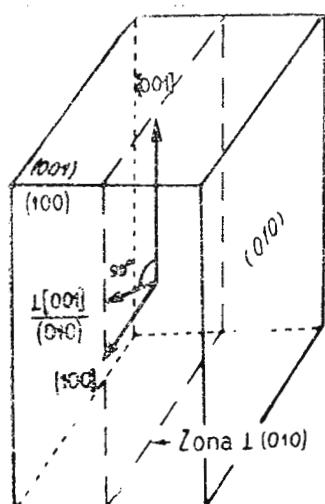


Fig. 47. — Direcții geometrice în zona \perp (010).

exemplu, că poziția de extincție dreaptă n-are nici o utilitate, deoarece ea este aceeași pentru aproape toate compozиțiile. Dimpotrivă, din punct de vedere al determinărilor, direcțiile P, M, [100], [001] și \perp [001] prezintă aspecte favorabile. Valorile pe care le au în zona perpendiculară pe (010) unghurile de extincție măsurate în aceste direcții sunt reprezentate în diagramele din fig. 48.

Direcția [100] este determinată de clivajul după (001), care este frecvent. Extincțiile în această direcție pot fi, deci, utilizate în mod obișnuit. Direcția P este determinată de maclele periklin, care sunt frecvente numai la feldspații bazici și neutri, așa încit această curbă are utilizare mai redusă. Direcția M este ceva mai greu de identificat.

Aspectul curbelor corespunzînd acestor direcții arată că determinarea plagioclastilor foarte bazici este, în general, foarte dificilă : cu ajutorul curbei M este chiar imposibilă, întrucât la termenii foarte anortitici, din cauza apropierea direcției M de axul optic B, birefringența nu mai este observabilă. Curbele P și [100] au, în regiunea peste 70 % An, o alură foarte lină, fapt care duce la lipsă de precizie a determinării.

La toate cele trei curbe valorile pînă la 15° extincție, și deci pînă la 25% An prezintă două posibilități de interpretare.

Direcțiile [001] și \perp [001] sunt determinate ca axe de măclă ale complexelor Karlsbad și albit-Karlsbad. Extincțiile în aceste direcții nu pot fi deci observate decât în cazul existenței acestor macle. Curbele corespunzătoare se dovedesc a fi favorabile determinărilor numai parțial : curba extincției în direcția [001] pentru termenii bazici. Extincțiile în direcția [001] sunt puțin diferențiate pentru termenii bazici, iar pentru cei acizi și neutri prezintă două posibilități de interpretare.

Pentru ambele directii sunt reprezentate si valorile extincțiilor în indivizi maclati după legea normalei (albit). Se remarcă faptul că pentru

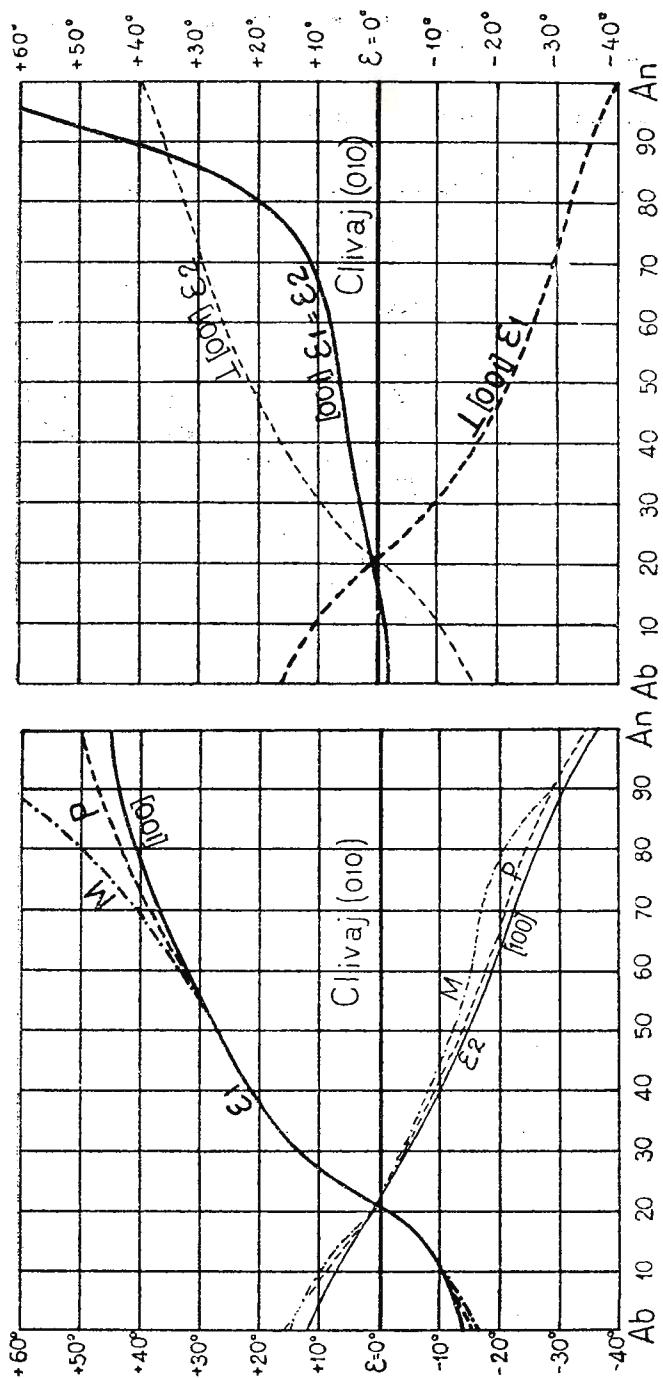


Fig. 48. — Extincțiile în zona \perp (010) măsurate în principalele direcții, între urma clivajului (010) și $N\alpha$; ε_1 și ε_2 reprezintă extincțiile în cele două serii de indivizi maclați.

direcția $\perp [001]$ extincțiile sunt egale și de același semn, reprezentarea lor fiind făcută pe o singură curbă.

Zona perpendiculară pe (001). Examinarea și reprezentarea extincțiilor în zona perpendiculară pe (001), în aceleasi condiții ca pentru zona perpendiculară pe (010), dă o diagramă cu un aspect ceva mai complicat.

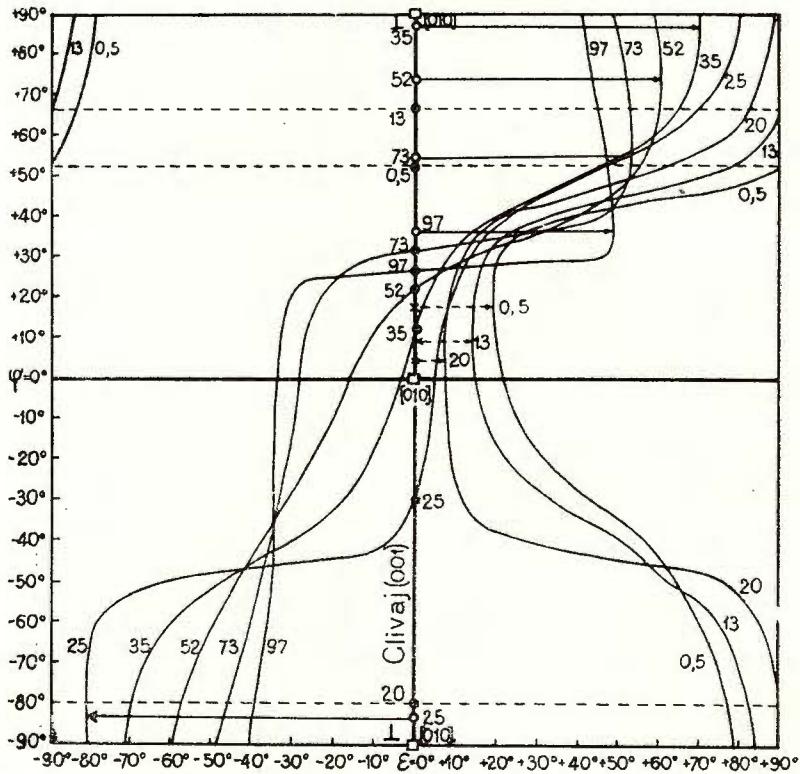


Fig. 49. — Curgele de extincție în zona $\perp [001]$ pentru 8 principale compoziții ale plagioclazilor.

Abscisa și ordonata reprezentă din nou unghiurile de extincție și diversele direcții cuprinse în planul de maclă, dar axul perpendicular pe planul diagramei este axul [010] (fig. 49).

În zona perpendiculară pe (001) direcțiile principale sunt (fig. 49 și 50) M, [100], [010] determinată de clivajul (010), și [010] determinată ca axă de maclă la aklin și periklin. Variații favorabile pentru determinări au extincțiile în direcțiile [100], [010] și numai parțial cele în direcția M.

Curba extincțiilor în direcția [010] prezintă aceleași inconveniente ca și unele situații din zona (010) : nedeterminare pentru felspații acizi și exactitate redusă pentru cei bazici. Extincțiile se produc în același sens în ambii indivizi maclați periklin. Curba extincțiilor în direcția [100] este, în schimb, foarte utilă. Ea are o alură care permite o aproximare destul de bună, cu excepția termenilor foarte anortitici, iar domeniul de nedeterminare este foarte restrâns. Curba extincțiilor maxime nu se poate utiliza decât în domeniul compozițiilor intermediare. La albit și oligoclaz extincțiile se mențin la valoarea 90° . La compozițiile peste 80% An, direcția M se apropie foarte mult de direcția axei optice și determinările nu mai sunt posibile din cauza birefringenței foarte scăzute.

Metodica determinărilor. Operațiile de determinare cu ajutorul acestei metode cuprind mai multe etape și se desfășoară în modul următor :

Fixarea zonei perpendiculare pe planul de alipire se face în modul obișnuit, prin aducerea acestuia paralel cu axul A_2 și stabilirea lui în poziție verticală prin înclinare în jurul acestui ax. Axa zonei coincide în această situație cu axul A_4 și, prin rotirea acestuia, se pot aduce în coincidență cu direcția de observație, diverse direcții din planul de alipire.

Determinarea zonei (a planului de alipire) se face cu ajutorul caracterului optic al axei de zonă. Din diagramele prezentate s-a constatat că la plagioclazii acizi și intermediari axa zonei perpendiculare pe (010) are caracter pozitiv, în timp ce cea a zonei perpendiculare pe (001) are caracter variabil. La termenii cu peste 75% An în ambele zone, caracterul axei de zonă este variabil, foarte puțin evidențiat.

Dacă se aduce preparatul la 45° de direcțiile de vibrație ale nicolilor și se introduce lama de gips, în aşa fel ca N_y al gipsului să fie paralel cu axul A_4 , în timpul rotirii în jurul acestui ax se constată :

Culori albastre, în toate pozițiile, în cazul zonei perpendiculare pe (010), la compoziții sub 75% An ;

Culori variabile — albastru, roșu, galben — în cazul zonei perpendiculare pe (001) sau pe secțiunea rombică, la compoziții sub 75% An ;

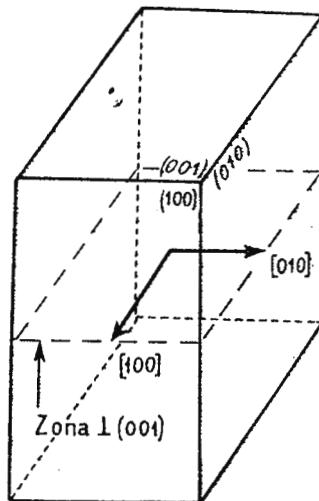


Fig. 50. — Direcții geometrice în zona $\perp (001)$.

Culori variabile, dar dominând roșul, și extincție în jurul a 45° , în cazul compozitiilor peste 75% An, cînd caracterul zonei nu poate fi determinat.

Pentru determinarea acestui ultim caz, mijlocul sigur este numai urmărirea poziției axei de zonă.

Alte observații ajutătoare în determinarea caracterului zonelor sunt :

În zona perpendiculară pe (010) extincțiile față de N_α' sunt totdeauna sub 45° ;

În zona perpendiculară pe (001) extincțiile față de N_α' sunt în jurul a 45° .

Determinarea legii de macă se face prin observarea extincțiilor pe care le prezintă indivizii maclați, în diversele direcții din planul de alipire :

Extincțiile simetrice indică o asociere după legea normalei, și

Extincțiile asymetrice indică macele paralele sau complexe.

Acest criteriu este însă insuficient pentru oligoclaz, care prezintă în toate direcțiile culori de birefringență atât de slabe, încît o deosebire a extincțiilor este foarte dificilă. La termenii bytownit-anortit, extincțiile sunt egale în cazul tuturor celor trei legi de macă, într-o mare parte din direcțiile din planul de alipire ; observindu-se însă întreg domeniul, deosebirea apare evidentă.

O primă informație asupra tipului de macă se poate obține din asocierea datelor privind caracterul zonei și legea de macă ; cu exactitate însă, problema se rezolvă așa cum se arată în continuare.

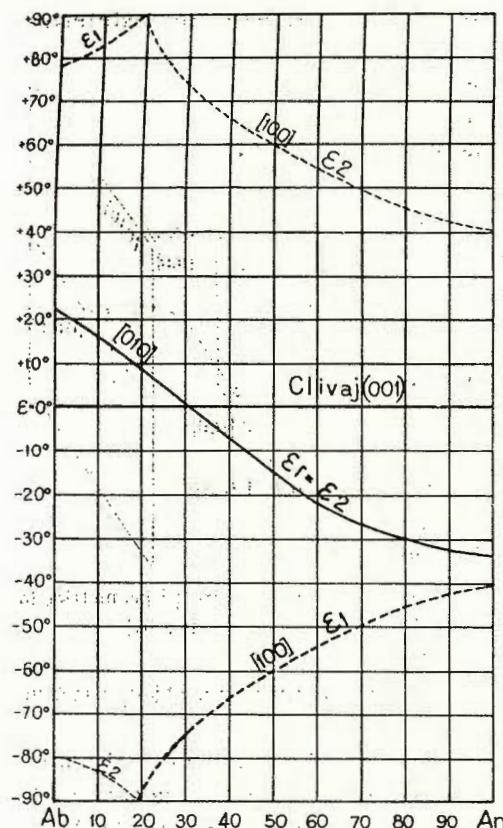


Fig. 51. – Extincțiile în zona $\perp (001)$, ϵ_1 și ϵ_2 ca la fig. 45.

Zona perpendiculară pe (010). Așa cum s-a amintit, în această zonă direcțiile favorabile determinărilor sunt [100], P, M și \perp [001].

Direcția [100] este determinată de clivajele după (001). Prin rotație în jurul axului A_4 se caută urme de clivaj perpendicular pe planul de alipire. Dacă există, ele se aşază în așa fel ca să apară ca dungi cît mai subțiri, care la ridicarea și coborîrea tubului microscopic să nu se deplaseze lateral. În această situație partea de secțiune observată este perpendiculară în același timp și pe (010) și pe (001), iar direcția de observație corespunde cu [100].

În această situație, prin rotația mesei microscopului se aduce individul respectiv la cea mai apropiată poziție de extincție (a se observa că extincția față de N_x' este, la toți plagioclazii, în această situație, mai mică de 45°). Unghiul de extincție măsurat dă, cu ajutorul diagramei, conținutul în anortit. Controlul determinării se poate face, executînd aceeași determinare și pe unul din indivizii macleați cu cel dintîi; diagrama dă conținutul în anortit și pentru aceste extincții.

Direcția secțiunii rombice este determinată de lamelele de macula periklin aproape perpendicular pe (010); ea este utilizată în cazul absenței clivajelor după (001). Planul de alipire la maclele periklin se așează paralel cu axul microscopului, prin înclinare în jurul axului A_4 . Fixarea poziției, ca și măsurarea extincției se face ca și în cazul precedent.

Direcția M a extincției maxime nu este determinată prin nici un element geometric. Ea este determinată tocmai prin constatarea valorii maxime de extincție. Pentru identificarea acesteia, se măsoară extincțiile în diverse poziții de înclinare în jurul axului A_4 ; cu valorile inclinărilor și ale extincțiilor se alcătuiește o curbă al cărui maxim reprezintă valoarea căutată. În direcția respectivă se măsoară extincția cît mai exact.

În mod obișnuit, extincția maximă se poate determina și fără alcătuirea curbei; pentru aceasta, se determină extincția în cîteva poziții și odată găsite poziții care să arate, două dintre ele creșterea valorii și o a treia, următoare, scădere ei, se măsoarează unghiurile de înclinare în acest interval pentru a se găsi valoarea maximă pentru extincție.

Direcțiile [001] și \perp [001] sunt determinate, prima ca axă de macula Karlsbad sau ca direcție perpendiculară pe axa de macula albit-Karlsbad iar a doua ca axă de macula albit-Karlsbad sau ca direcție perpendiculară pe axa de macula Karlsbad. Ele pot fi utilizate pentru determinare numai în cazul prezenței acestor tipuri de macula. Identificarea direcțiilor [001] și \perp [001] se face în modul următor.

Maclele paralele și complexe arată iluminări deosebite ale celor doi indivizi, în majoritatea direcțiilor din planul de alipire (diverse inclinări



ale axului A₄). Există totuși și o poziție în care indivizii macleați au aceeași iluminare, poziție pe care o stabilim cu ajutorul axului A₄. În această poziție, în direcția de observație se găsește una din direcțiile [001] sau ⊥ [001]. Direcția [001] este caracterizată printr-o slabă iluminare a maclelor, în cele mai multe cazuri, deoarece în această direcție unghiurile de extincție au valori reduse; dimpotrivă direcția ⊥ [001] este indicată de o iluminare intensă a maclelor, unghiurile de extincție având valori mult mai mari.

Cele două direcții pot fi precis identificate prin unghiurile pe care le fac cu celelalte principale direcții în această zonă (unghiurile sunt măsurate în jurul axului A₄):

| | [001] | [001] |
|-------------------|---------|---------|
| [100] (clivaje) | 64° | 26° |
| P (macle) | 45°—90° | 0°—45° |
| extincție dreaptă | 0°—30° | 60°—90° |

Determinarea tipului de macă se face în mod identic, mai ales pentru primele trei cazuri. Dacă se notează cu ε₁ unghiurile de extincție în individul inițial și cu ε₂ extincțiile în individul maclat (semnul — arătând sensul opus al acestor două extincții) atunci raporturile dintre valorile ε₁ și ε₂ indică următoarele tipuri de macă (legile de macă au fost determinate anterior):

I. Macle normale

$$\varepsilon_1 = -\varepsilon_2 \text{ tip albă}$$

II. Macle paralele și complexe

$$\varepsilon_1 > -\varepsilon_2 \text{ tip Karlsbad}$$

$$\varepsilon_1 > \varepsilon_2 \text{ tip albă-Karlsbad}$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 \text{ tip Ala B}$$

$$\varepsilon_1 = -\varepsilon_2 \text{ tip albă-Ala B}$$

Se poate întimpla ca în întreg domeniul de observație constituit din direcțiile din planul (010) care pot fi aduse în axul microscopului, să nu găsim nici una din direcțiile principale examinate mai sus. În acest caz, singura modalitate de determinare este să alcătuim din măsurători repetate ale extincției, încit mai multe direcții ale planului de alipire, o curbă pe care să încercăm să o suprapunem sau interpolăm în diagrama care dă variația extincției diversilor plagioclazi în planul (010) (fig. 46).

Zona perpendiculară pe (001). În această zonă condițiile de determinare sunt mai nefavorabile decit în zona perpendiculară pe (010); pentru secțiunile din această zonă este preferabil să se urmărească metoda



clasică. Principalele direcții din zona perpendiculară pe (001), care permit determinarea conținutului în anortit, sunt [100], [010] și, parțial, M.

Direcția [100] este determinată de clivajele după (010) sau de maclele albit, perpendicularare pe planul de alipire (001) fixat inițial. Înclinarea în jurul axului A₄ permite aducerea acestui clivaj sau plan de alipire paralel cu direcția de observație, în modul obișnuit; în această situație, direcția de observație coincide cu [100]. Extincțiile măsurate în această situație față de N'α permit determinarea procentului de anortit.

Direcția [010] poate fi determinată numai în cazul prezenței maclelor aklin sau aklin - Manebach; cum aceste situații sunt puțin frecvente, importanța acestei direcții pentru măsurarea extincțiilor este redusă.

Direcția M, de extincție maximă, se determină la fel ca în cazul zonei perpendicularare pe (010). La termenii foarte acizi, curba reprezentând extincția maximă nu mai poate fi urmărită, și în locul ei apar valori minime de extincție; determinarea acestora se face la fel ca în cazul valorilor maxime.

Zona perpendiculară pe secțiunea rombică. În afara de zonele perpendicularare pe (010) și (001), mai poate fi stabilită și zona perpendiculară pe planul de maclă periklin (secțiunea rombică). Măsurarea extincțiilor față de urma acestui plan nu are sens însă, întrucât el nu prezintă o direcție fixă. În această zonă, pot fi însă întâlnite urmele de clivaj (010) sau planele de alipire albit; aducerea unuia din aceste plane paralel cu axul de observație constituie, în realitate, repetarea situației din zona perpendiculară pe (010) cînd se utilizează lamele periklin. Extincțiile măsurate față de urma (010) servesc la determinarea compoziției cu ajutorul curbei P din diagrama care dă unghиurile de extincție în zona perpendiculară pe (010).

★

Din cele expuse, s-a constatat că părțile slabe ale metodei lui Rittmann sunt nedeterminarea din domeniul feldspaților acizi și unele dificultăți în determinarea tipului de maclă. O completare foarte interesantă în aceste probleme a adus-o H. Ebert. Construind diagrame în care să fie reprezentate extincțiile în toate direcțiile planului de concreștere (010) pentru indivizii maclați după cele 3 legi (fig. 52 și 53), Ebert face următoarele observații :

a) Extincțiile sunt simetrice pentru maclele normale și asimetrice pentru maclele paralele și complexe (observația este utilizată și de Rittmann). În primul caz este vorba de macle albit (sau albit — Ala B, dacă construcția n-a fost exactă).

b) În cazul curbelor asimetrice :

Curbele sunt de aceeași parte a axei absciselor și aproape în coincidență în cazul maclelor Ala B cu peste 21% An ;

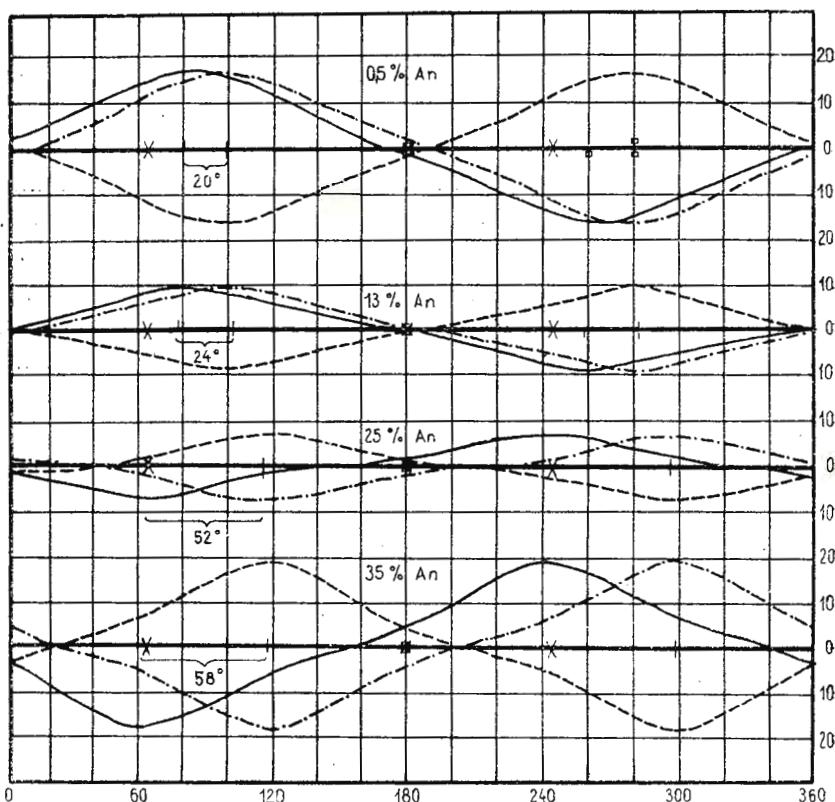


Fig. 52. — Unghurile de extincție în zona \perp (010). Abscisa : direcții în planul de alipire. Ordinata : valorile extincțiilor.

— individul de bază; - - - individul maclat Karlsbad; individul maclat albite-Karlsbad; X — direcția (100); + — direcția (001).

Curbele au maximele distanțate între 45° – 60° în cazul conținuturilor de peste 21% An. Maclele sunt Karlsbad dacă curbele se găsesc pe ambele părți ale axei absciselor, și albite-Karlsbad dacă sunt de aceeași parte ;

Distanța între maxime este de 20° – 30° pentru conținuturi sub 21% An, tipul de maclă rămânând însă nedeterminat.

În felul acesta a fost, foarte comod, rezolvată problema nedeterminării în domeniul acid și s-au obținut și date suplimentare pentru precizarea tipurilor de maclă.



Utilizarea metodei zonelor în determinarea feldspaților plagioclazi este mult mai simplă și expeditivă decât poate să reiasă din expunerea ei. Posibilitatea de a efectua o determinare în 5–10 minute face ca în scurt

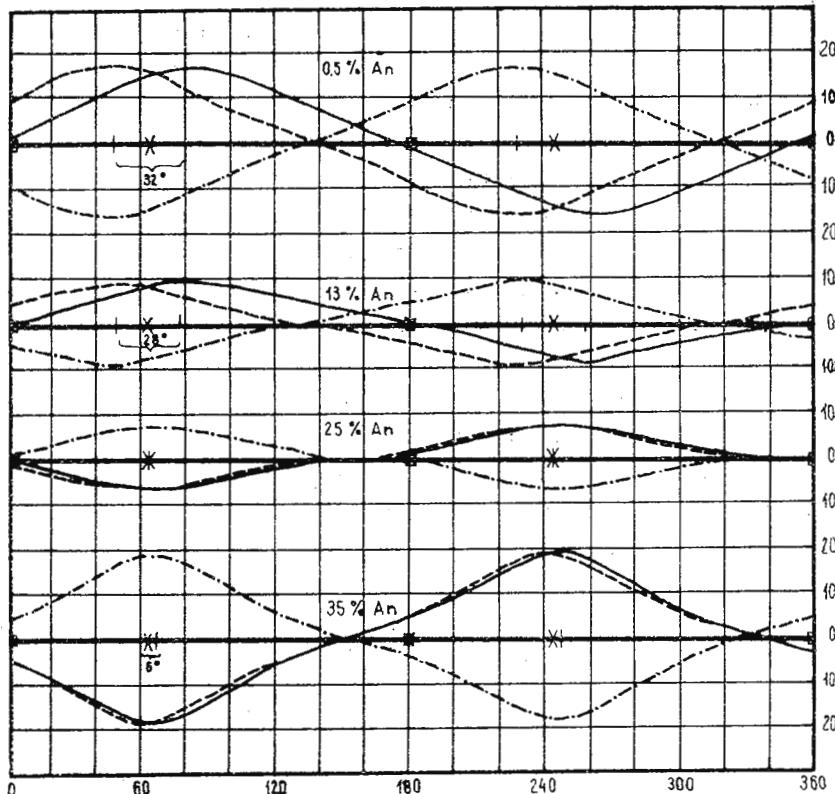


Fig. 53. — Unghurile de extincție în zona \perp (010).

— individul de bază; - - - individul mălat Ala B; ····· individul mălat albit-Ala B X; * direcția (100); + direcția (001).

temp să poată fi examineate foarte multe cristale din rocă și să se obțină deci, o idee generală asupra chimismului lor. Spre deosebire de metoda Fedorov, metoda zonelor permite o mai rapidă identificare a maclelor; și, iarăși spre deosebire de ea, permite efectuarea determinărilor chiar în cazul existenței unor lamele de măclă extrem de subțiri (lucru imposibil prin metoda Fedorov).

Metoda zonelor nu trebuie privită ca înlocuind metoda clasică de determinare a orientării optice, singura care poate furniza rezultate foarte

exacte. În funcție de condițiile care se prezintă, metoda zonelor constituie însă o cale mai rapidă și mai ușor de urmat.

Determinarea compoziției cu ajutorul maclelor albit-Karlsbad. Un caz cu totul special al studiului extincțiilor în anumite zone, îl prezintă maclele complexe albit-Karlsbad. Aceste macle sunt foarte frecvente, de departe cele mai frecvente dintre maclele complexe. Măsurarea extincțiilor în cristalele maclate albit-Karlsbad, constituie unul din mijloacele foarte bune pentru determinarea compoziției plagioclazilor, chiar fără ajutorul MUF; utilizarea MUF permite însă obținerea unor rezultate foarte exacte.

Maclele albit-Karlsbad au ca plan de alipire față (010); maclele constau din doi indivizi maclați Karlsbad, care la rîndul lor sunt alcătuiți, fiecare, din mai multe lamele maclate albit. Extincțiile se măsoară în zona perpendiculară pe (010), în modul descris mai jos. Operația de orientare a cristalului pentru măsurătoare constă numai în fixarea planului de alipire perpendicular pe axul A₄. În această situație maclele albit au aceeași intensitate luminoasă, numai indivizii Karlsbad fiind evidenți, ca fiind maclați după altă lege decât cea a normalei.

Extincțiile se măsoară pentru indivizii albit atât într-un element Karlsbad cît și — independent — în celălalt. Se obțin în felul acesta două valori deosebite, corespunzînd situației din cele două elemente Karlsbad. Aceste valori se introduc în diagrama din fig. 54. Diagrama are pe abscisă valorile conținutului în An iar pe ordonată direcțiile din planul (010); ea conține două serii de curbe: trasate cu linie plină și punctate. Pentru cele două valori ale unghiului de extincție se iau două curbe corespunzătoare ca valoare, una punctată și una cu linie plină; punctul lor de intersecție determină, proiectat pe abscisă, conținutul de anortit. Trebuie remarcat faptul că toate curbele converg către un punct situat la circa 95% An, ceea ce face ca determinările în domeniul bazic să fie mai puțin precise, curbele fiind aici foarte apropiate. A se reține, de asemenea, că pentru o mică parte a rezultatelor există nedeterminare, care se rezolvă fie prin observarea caracterului pozitiv sau negativ al extincției, fie prin considerarea refrigenței cristalului.

Determinările făcute cu această metodă se pot verifica, în repetate rînduri, prin măsurarea extincțiilor în alte direcții ale planului de alipire. Punctele obținute, cu ordonate deosebite, trebuie să cadă pe curbe deosebite dar toate pe o aceeași abscisă.



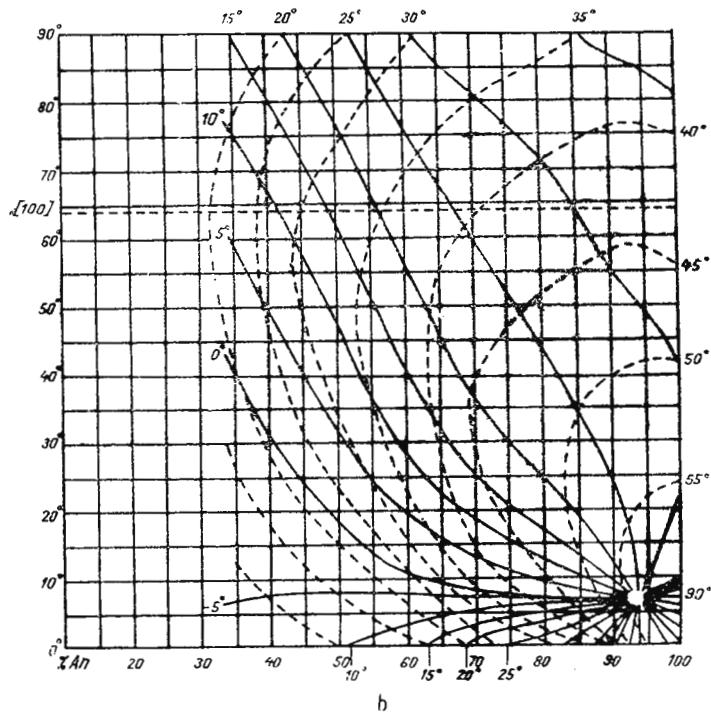
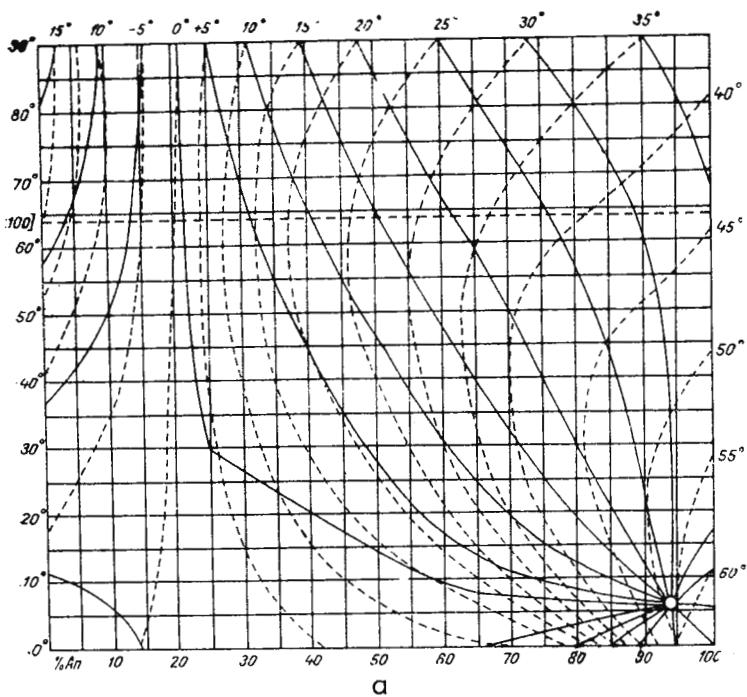


Fig. 54. — Curbele de extincție pentru maclele albit din maclele complexe albit-Karlsbad.

a. temperatură scăzută; b. temperatură ridicată.



O VARIANTĂ A METODEI ZONELOR

Între alte procedee pentru determinarea feldspaților plagioclazi cu ajutorul MUF, elaborate pe baza studiului extincțiilor în diversele zone, menționăm și un procedeu care, fără a avea o aplicare atât de generală ca metoda descrisă anterior, se bucură însă de cîteva avantaje. Este vorba de un procedeu care poate fi aplicat numai în cazul prezenței maclelor albit; el este însă foarte simplu de urmat și dă posibilitatea unor ample verificări a datelor obținute. Rezultatele aplicării lui se referă numai la conținutul de anortit, nu și la identificarea tipurilor de maclă.

Principiul acestui mod de determinare constă, ca și la alte metode, în observarea extincțiilor în diverse direcții ale zonei perpendiculară pe (010). Este cunoscută diagrama care redă valorile extincțiilor în zona perpendiculară pe (010), în diversele direcții ale acestui plan (fig. 46). Spre deosebire de metoda zonelor în care în această zonă erau observate extincțiile în direcții ca [100], a secțiunii rombice, direcția de extincție maximă etc, procedeul descris aici folosește pentru determinarea conținutului de anortit extincțiile în numeroase direcții din planul (010), direcții determinate prin unghiul pe care îl fac cu direcția în care extincția este dreaptă.

Se înțelege ușor că, aşa cum pornind de la diagrama amintită, s-au putut construi diagrame având în abscisă și ordonată, conținutul de anortit și extincțiile, pentru direcții ca [100], direcția de extincție maximă etc, tot aşa se pot construi diagrame și pentru oricare alte direcții. Aceste diagrame pot servi la determinarea compoziției feldspaților plagioclazi deoarece, aşa cum se vede în diagrama din fig. 46, curbele corespunzînd diverselor compoziții, nu se suprapun pentru nici o situație; ele se intersecțează numai, aproape toate în același punct, în regiunea extincției drepte a tuturor.

Singura problemă care se pune, pentru utilizarea extincțiilor în direcții oarecare, este aceea a identificării acestor direcții. Procedeul expus repreză aceste direcții, prin unghiul pe care ele îl fac cu direcția de extincție dreaptă, considerînd că pentru toate compozițiile plagioclazilor aceasta este aceeași, fapt, care aşa cum am văzut, nu corespunde decît aproximativ cu realitatea (în felul acesta, procedeul este principal, lipsit de exactitate



absolută). În fond, aşa cum s-a sesizat probabil, acest procedeu de determinare constă în reconstituirea fragmentară a curbelor din diagrama generală amintită (fig. 46) cu ajutorul cîtorva puncte determinate. Desfăşurarea, în practică, a determinărilor se face în modul următor :

Se examinează un cristal maclat albit. Prin rotiri în jurul axelor A și A_2 planul de alipire se aduce în poziție N—S, perpendicular pe axul A_4 . În această poziție, datorită faptului că suntem în prezență unor macle după legea normalei, toți indivizii au aceeași intensitate luminoasă. Prin rotire în jurul axului A_4 se reușește, în majoritatea cazurilor, să se aducă ambele sisteme de maclă în poziție de extincție (extincția dreaptă). Dat fiind faptul că MUF are posibilitatea de a încrina preparatul în jurul axului A_4 cu circa 55° în fiecare parte, posibilitatea de a obține această poziție de extincție, adică de a aduce în coincidență cu axul microscopului, direcția de extincție dreaptă este de $220^\circ/360^\circ$, adică cca 61%. Pentru secțiunile care nu pot fi aduse în poziție de extincție, deoarece sunt prea înclinate față de direcția în care se produce extincția dreaptă, determinarea se va face cu ajutorul extincției maxime, deoarece ele se găsesc, cu siguranță în vecinătatea acestei direcții.

Pornind de la poziția de extincție dreaptă, secțiunea se rotește cu un număr oarecare de grade în jurul axului A_4 , într-un sens sau în celălalt. În această nouă poziție se măsoară valoarea extincției, care este cu siguranță simetrică, rotind în jurul axului A_5 ; cu această valoare se poate determina conținutul în anortit, cu ajutorul diagramelor din fig. 55. Diagramele sunt alcătuite pentru inclinări de 30° , 40° , 50° , etc. de la poziția de extincție dreaptă; unghiul de rotire în jurul axului A_4 ne arată, de fiecare dată, care din aceste diagrame trebuie folosită. După poziția în care a fost obținută extincția dreaptă, și deci după posibilitatea care mai există de a încrina MUF în jurul axului A_4 , se aleg unghiurile cele mai potrivite pentru rotire. Determinările se fac măsurând unghiul de extincție atât la inclinarea spre N cât și la inclinarea spre S, cu același număr de grade. Cum, în absolut toate cazurile sunt posibile mai multe rotiri în jurul axului A_4 , determinările pot fi repede și rezultatul deci controlat. Trebuie să se observe că în aceste determinări este necesar să se țină seama de semnul extincției; aceasta se face în modul obișnuit, conform regulei lui Schuster.

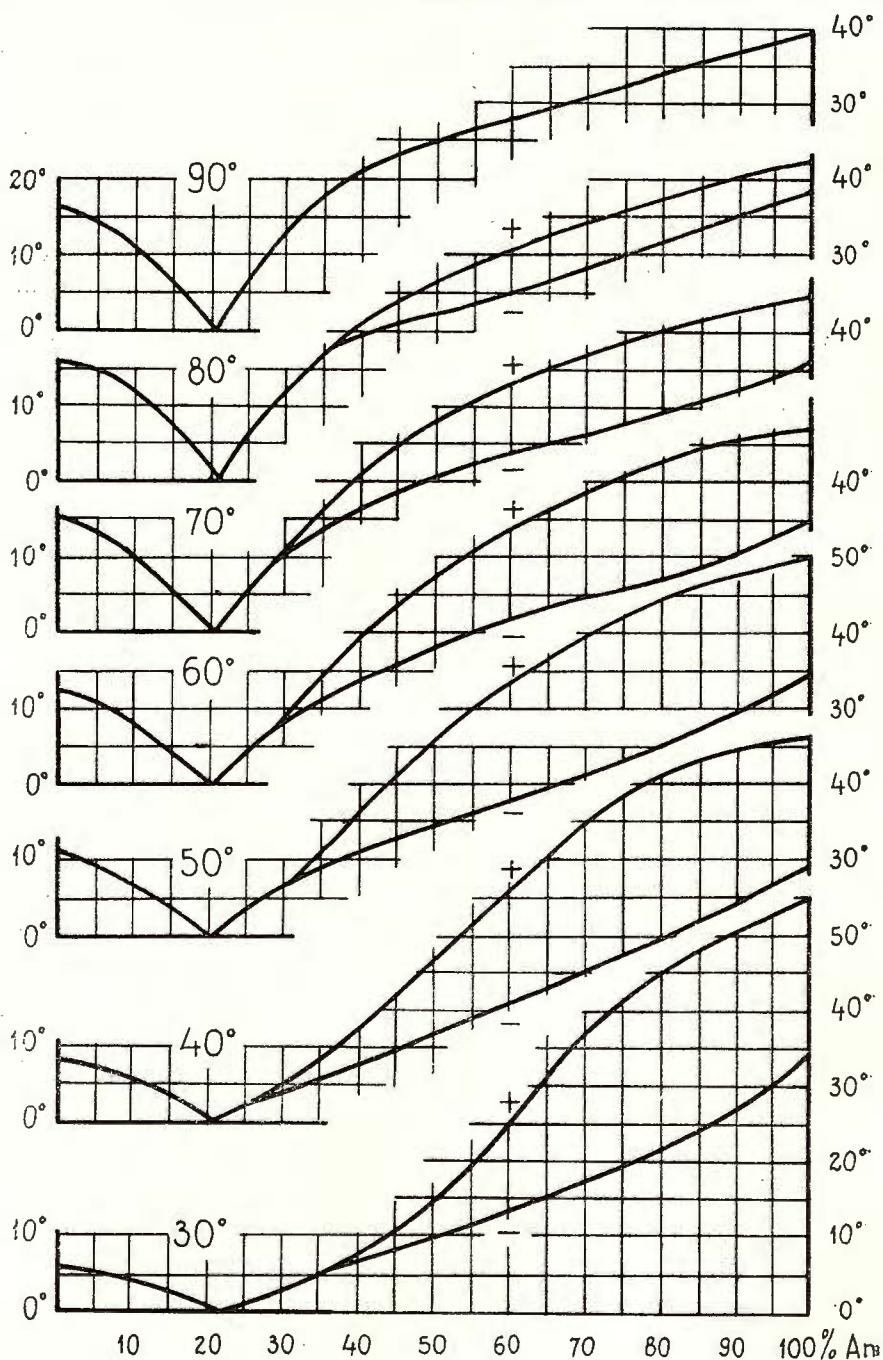


Fig. 55. — Valorile extincțiilor în diverse direcții ale planului (010).



EXAMINAREA POZIȚIEI RELATIVE A ELEMENTELOR OPTICE ÎN MACLE
(KÖHLER)

Deși, aşa cum subliniază însăși autorul, nu este vorba de o metodă nouă pentru determinarea feldspațiilor, ci numai de o întregire a metodei Fedorov, examinarea comparativă a elementelor optice ale maclelor este extrem de fecundă. Determinarea plagioclazilor în acest mod este, în adevăr, ceva mai greoai dar oferă importantul avantaj de a putea controla în numeroase moduri determinările executate. Considerarea simultană a pînă la șase unghiuri, utilizarea fiecărei valori într-o altă curbă, permite compararea și verificarea repetată a rezultatelor.

Principiul determinării constă în măsurarea unghiurilor pe care le fac între ele elementele optice omoloage din indivizi maclați. S-au construit curbe care redau variația valorii unghiurilor pe care le fac între ele cinci direcții principale din cadrul indicatricei unui individ (N_α , N_β , N_γ , axe optice A și B) cu direcțiile corespunzătoare din celălalt individ maclat. În diagrame, curbele sănt construite pentru principalele tipuri de maclă : albit, Karlsbad, albit-Karlsbad, ca reprezentind cele trei legi de maclă, și periklin, ca alt tip foarte frecvent. Notațiile sănt cele obișnuite pentru macle : 1, individul fundamental ; 1', cel maclat normal (albit) ; 2, cel maclat paralel (Karlsbad) ; 2', cel maclat complex (albit-Karlsbad) și π , cel maclat periklin. Identificarea tipului de maclă se face în mod obișnuit, cu ajutorul observațiilor expuse în cadrul metodei zonelor.

Curbele reprezintă deci, variația valorii unghiurilor $\alpha\alpha'$, $\beta\beta'$, $\gamma\gamma'$, AA', BB', AB' în cele patru cazuri menționate :

| | | | | | |
|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| $\alpha\alpha'$ | $\beta\beta'$ | $\gamma\gamma'$ | AA' | BB' | AB' |
| $\alpha_1\alpha_2$ | $\beta_1\beta_2$ | $\gamma_1\gamma_2$ | A ₁ A ₂ | B ₁ B ₂ | A ₁ B ₂ |
| $\alpha\alpha_\pi$ | $\beta\beta_\pi$ | $\gamma\gamma_\pi$ | AA _{\pi} | BB _{\pi} | AB _{\pi} |
| $\alpha_1\alpha_2'$ | $\beta_1\beta_2'$ | $\gamma_1\gamma_2'$ | A ₁ A ₂ ' | B ₁ B ₂ ' | A ₁ B ₂ ' |

Ele sănt construite atât pentru plagioclazii cu optică de temperatură scăzută cît și pentru cei cu optică de temperatură ridicată.

Relativ la posibilitățile pe care le oferă aceste curbe (pentru ambele categorii de cristale) se pot face următoarele observații (pl. XIV—XIX) :

Unghiul $\alpha\alpha'$ nu prezintă nici o importanță în intervalul 0—35 % An, deoarece rămîne tot timpul în jurul valorii 180°; dimpotrivă, între 40—100 % An el este excelent pentru determinare.

Unghiul $\alpha_1\alpha_2$ este foarte potrivit pentru determinări pînă la circa 60 % An; în domeniul termenilor mai anortitici curba are o alură puțin favorabilă.



Unghiul $\alpha_1\alpha_2$ prezintă o variație excepțional de favorabilă determinărilor pentru orice compoziție; curba are un aspect descendent regulat, într-un interval de 150° .

Unghiul $\alpha\alpha_\pi$ nu poate fi utilizat între 0—35% An, dar prezintă o variație favorabilă determinării termenilor bazici.

Unghiul $\beta\beta'$ este prea puțin util determinărilor, deoarece atât în domeniul acid, pînă la 35% An, cât și în cel bazic, peste 50% An, duce la nedeterminări; în partea bazică curbura este de altfel și prea puțin accentuată.

Unghiul $\beta_1\beta_2$ prezintă, în afară de domeniile 0—20% An și 70—100% An în care duce la nedeterminări, o variație excepțional de favorabilă determinărilor; valorile variază cu 120° pentru un interval de 50% An.

Unghiul $\beta_1\beta_2'$ are o variație foarte accentuată pînă la 70% An. Între 70—100% An determinările sunt posibile, dar curba reprezentativă are o alură foarte lină.

Unghiul $\beta\beta_\pi$ variază aproape la fel cu $\beta\beta'$; curbele lor reprezentative sunt paralele, la un interval de cca 5° . Nu este favorabil determinărilor.

Unghiul $\gamma\gamma'$ dă naștere la nedeterminări în intervalul 0—35% An, dar în rest are o variație utilă pentru determinări. În domeniul bazic, peste 80% An, curbura este destul de puțin accentuată.

Unghiul $\gamma_1\gamma_2$ are o variație asemănătoare cu $\gamma\gamma'$. Între 0—20% An valorile lor sunt identice; peste 20% An $\gamma_1\gamma_2$ are valori din ce în ce mai mari decît $\gamma\gamma'$. Este bun pentru determinări, în aceleasi condiții ca și $\gamma\gamma'$.

Unghiul $\gamma_1\gamma_2$ are valori care variază relativ puțin; din această cauză, este prea puțin util determinărilor, exactitatea oferită fiind redusă. Între 0—25% An este complet inutilizabil.

Unghiul $\gamma\gamma\pi$ duce la nedeterminări între 0—30% An. În rest are o variație favorabilă determinărilor.

Unghiul AA' nu are importanță, deoarece curba care reprezintă variația valorilor sale are aspect aproape sinusoidal.

Unghiul A_1A_2 are o variație de numai 15° , cu caracter de asemenea sinusoidal; nu prezintă importanță.

Unghiul A_1A_2' oferă posibilități de determinare numai la termeni cu peste 50% An. Nici în acest domeniu însă, precizia rezultatelor nu este multumitoare.

Unghiul AA_π are o variație foarte asemănătoare cu AA' ; nu este deci utilizabil.



Unghiul BB' prezintă o variație foarte favorabilă determinărilor. El nu oferă posibilități de exactitate în domeniul acid, dar se menține util pînă aproape de extremitatea bazică.

Unghiul B₁B₂ dă naștere la nedeterminări între 0—20% An, dar apoi este excelent pentru determinări.

Unghiul B₁B₂' este foarte util pentru determinări între 25—60% An; în rest, duce la nedeterminări.

Unghiul BB_n are valori complet nefavorabile în domeniul acid. Peste 50% An este bun pentru determinări dar la 90% An atinge valoarea 180° și dă naștere deci la nedeterminări.

Unghiul AB' conduce la nedeterminări pînă la 40% An, dar apoi are o variație favorabilă determinărilor pînă la 100% An.

Unghiul A₁B₂ nu are nici o utilitate în determinări; variația sa este redusă și dă naștere la nedeterminări.

Unghiul A₁B₂' este favorabil determinărilor în tot domeniul 0—100% An. Alura curbei permite determinări foarte exacte.

Unghiul AB_n este util tuturor determinărilor. Între 0—30% An duce însă la nedeterminări.



Examinarea comparativă a orientării optice a elementelor de macă poate fi, bineînțeles, făcută numai în cazul unei bune dezvoltări a acestora și numai pentru maclele cele mai frecvente; în acest domeniu, rezultatele pe care le dă acest mod de lucru pot fi excepționale, deoarece la majoritatea curbelor, schimbări foarte mici ale compozitiei chimice corespund unor variații mari ale valorilor unghiulare.

Modul de lucru nu se deosebește, în liniile lui mari, de cel de la metoda Fedorov. Studiul optic cu ajutorul MUF permite fixarea pozițiilor, cel puțin pentru direcțiile N_α, N_β și N_γ în ambii indivizi ai unei mace. Unghiiurile dintre direcțiile omoloage, citite pe proiecția stereografică, permit folosirea curbelor prezentate. În cazul unei determinări exacte, toate cele trei valori unghiulare indică, așa cum este normal, un același procent de anortit. În cazul plagioclazilor, cu optică de temperatură scăzută, oscilațiile valorilor găsite pot fi de cel mult 1—2% An. Dacă determinările arată o variație mai largă, este de presupus că avem în față cristale cu optică de temperatură ridicată; utilizarea curbelor pentru temperatură ridicată dă un grad mai mic de exactitate; oscilațiile valorilor procentelor de anortit pot merge pînă la 5% An.

În cazul în care poate fi fixată și poziția axelor optice, se obțin alte trei valori unghiulare care pot fi interpretate cu ajutorul acestor diagrame: AA, BB și AB. Pentru situațiile în care nu apar ambele axe în cîmpul microscopului, dacă determinările au fost executate cu exactitate, se poate calcula poziția celei de a doua axe în funcție de poziția celei dintâi față de direcția N_x sau N_y .

Deoarece poziția de perpendicularitate a secțiunii pe direcția axei optice este foarte ușor de identificat cu ajutorul microscopului polarizant (intunecare permanentă), unghiurile dintre axele optice ale cristalelor măciate pot fi foarte ușor utilizate în determinări. Trebuie subliniat însă faptul că numai secțiunile perfect perpendiculare pe axă, adică având punctul de emergență al acesteia exact în centru, pot fi folosite, deoarece valorile unghiulare respective se schimbă foarte repede odată cu înclinarea axei față de direcția de observație. Separarea axelor A și B este uneori foarte dificilă, iar pentru termenii acizi aproape imposibilă. Criteriile generale pentru identificarea lor se bazează pe poziția pe care o are planul axelor optice în seria plagioclazilor. Deoarece axa A străbate totdeauna față (010) sub unghiuri între 30° — 50° %, secțiunile perpendiculare pe ea pot fi identificate prin prezența clivajelor după (001). În această poziție sunt, de asemenea, vizibile macle albit, dar totdeauna urmele planelor de alipire sunt foarte puțin nete. Axa B își schimbă foarte mult poziția față de (001); numai la termenii intermediari apar clivajele bazale, fapt care poate duce la confuzie cu axa A. Secțiunile perpendiculare pe axa B prezintă macle albit, uneori mai bine alteori mai slab conturate.



Importanța excepțională a acestei metode de determinare a feldspațiilor plagioclazi constă, în primul rînd, în posibilitatea pe care o oferă ca printr-o măsurătoare obișnuită să se poată obține o repetată verificare a rezultatelor. Faptul că trei unghiuri măsurate, sau șase unghiuri în cazul determinării și a axelor optice, trebuie să ducă toate, independent unul de celălalt, la o aceeași valoare a compozиiei micșorează la maximum posibilitatea de eroare.

O a doua trăsătură importantă a acestei metode este exactitatea rezultatelor. Aproape toate curbele din diagramă au o variație foarte accentuată, valorile unghiulare fiind foarte sensibile la cele mai mici variații de compoziție.

Și, în sfîrșit, o a treia caracteristică care trebuie subliniată este larga posibilitate care se oferă pentru alegerea celor mai potrivite măsurători de executat, pentru fiecare caz în parte.



DETERMINAREA FELDSPATILOR PLAGIOCLAZI ZONATI

Cunoașterea conținutului de anortit în diversele zone ale unui cristal de feldspat plagioclaz cu structură zonară prezintă totdeauna o deosebită importanță; operația de determinare nu este însă totdeauna posibilă, sau prezintă numeroase dificultăți.

Utilizarea metodei clasice Fedorov este, practic, imposibilă în acest scop; zonele au totdeauna dimensiuni prea mici pentru a permite stabilirea orientării lor optice. Numai în cazuri excepționale, în care zonele sunt suficient de largi, poate fi încercată această operație. Se pot întâlni și situații — de asemenea numai în mod excepțional — în care, dacă variația de compozitie a diverselor zone se desfășoară într-un interval restrîns și în același sens, stabilirea poziției unei anumite direcții optice să se poată face numai prin schimbarea înclinărilor în jurul axului A_2 . În felul acesta, dacă există o zonă mai larg dezvoltată, în care s-a obținut prin rotiri în jurul axelor A_1 și A_2 menținerea extincției, această situație (de menținere a extincției) se poate obține și pentru zonele alăturate printr-o ușoară schimbare a unghiului α_2 , fără a se pierde adică din vedere succesiunea zonelor (care este de neînlăturat în cazul modificării ambelor rotiri); determinarea are, astfel, caracterul de operație „în serie”. Acest mod de lucru nu poate fi aplicat însă decât pe o porțiune redusă în jurul centrului din acel moment al preparatului; din cauza înclinării în jurul axului A_2 , observarea unei zone învecinate centrului de simetrie al ansamblului segmentelor nu se poate face decât prin schimbarea poziției de punere la punct a imaginii, poziție de punere la punct care se pierde apoi la rotirile în jurul axului A_4 . În măsura în care în timpul rotirilor în jurul axului A_4 se poate totuși urmări o zonă, prin schimbarea simultană a poziției de punere la punct a imaginii, acest procedeu este aplicabil.

Dificultățile izvorîte din schimbarea poziției de punere la punct a imaginii, se pierd în bună măsură la determinarea cristalelor zonate prin metode care cer măsurarea extincțiilor; rotirile în jurul axului A_5 — pentru determinarea unghiului de extincție — nu modifică poziția de punere la punct, care odată stabilită pentru zona respectivă se păstrează și permite o bună apreciere a extincțiilor. Din acest motiv, metoda zonelor este foarte indicată pentru asemenea determinări. Dacă variația compozitiei zonelor nu se desfășoară în regiunea în care caracterul axelor de zonă se schimbă (75% An), atunci determinarea caracterului zonei odată făcută rămîne valabilă pentru întreg ansamblul și măsurarea extincțiilor se poate face foarte rapid și comod, pentru fiecare zonă; la fiecare zonă



a cristalului este, bineînțeles, necesar să se schimbe poziția de punere la punct a imaginii.

Foarte ușoare și exacte sunt aceste determinări în cazul prezenței maclelor complexe albit-Karlsbad. Procedind în modul cunoscut — având grija ca pentru fiecare zonă exactitatea observației să fie asigurată prin justă punere la punct a imaginii — rezultatele obținute vor fi verificate prin însirarea punctelor determinate în lungul aceleiași ordonante în diagramele din fig. 54 (este evident că poziția cristalului rămâne aceeași în tot acest timp, că determinările se fac în aceeași direcție a zonii perpendicularare pe (010), că, deci, intersecția celor două serii de curbe trebuie să aibă loc pe aceeași ordonată).

Un procedeu special pentru determinarea feldspațiilor plagioclazi zonati este cunoscut încă din lucrările mai vechi ale lui D u p a r e și R e i n h a r d ; el conduce însă totdeauna la două soluții, fapt care face ca utilizarea lui să nu fie, în realitate, foarte comodă decât pentru anumite situații speciale, în care această nedeterminare poate fi eliminată. Acest procedeu utilizează cristalele maclate albit în secțiuni din zona perpendiculară pe (010). Se știe că la cristalele cu structură zonară, în secțiunile perpendicularare pe (010) există poziții în care toate zonele prezintă o aceeași iluminare. În diagrama care prezintă valorile extincțiilor în zona perpendiculară pe (010) (fig. 46) se poate trasa o curbă care să arate pozițiile în care se obține această iluminare comună. Cu ajutorul acestei curbe, determinarea compozitiei diverselor zone se poate face foarte simplu, în modul următor :

Se măsoară unghiul dintre urma planelor de concreștere și cea mai apropiată poziție de iluminare comună, și unghiiurile de extincție pentru diversele zone, reținându-se, în fiecare caz în parte, dacă rotația pentru obținerea extincției s-a făcut în același sens sau în sens contrar rotației pentru obținerea poziției de iluminare comună. Se fixează pe curba de iluminare comună punctul corespunzător cu ajutorul valorilor inscrise în ordonată. De aici, se trasează o linie verticală care să tai toate curbele de extincție din acea jumătate (stîngă sau dreaptă) a diagramei ; pe această linie, valoarea corespunzătoare extincției fiecărei zone (valoarea pe care o dă aceeași ordonată a diagramei) arată compozitia respectivă, prin încadrarea în una din curbe sau prin interpolare. Dacă rotirea pentru obținerea extincției s-a făcut în același sens cu cea pentru obținerea poziției de iluminare comună, atunci valoarea extincției se ia cu același semn, se caută pe ordonată în aceeași parte în care s-a fixat și punctul pe curba de iluminare comună (ambele puncte în jumătatea superioară sau în jumătatea inferioară a diagramei) ; dacă



sensurile au fost diferite, valoarea pentru extincție se ia cu semn contrar, deci curbele folosite vor fi în jumătățile opuse ale diagramei.

Din nefericire însă, o același valoare pentru unghiul de iluminare comună se poate obține și în partea stângă și în partea dreaptă a diagramei

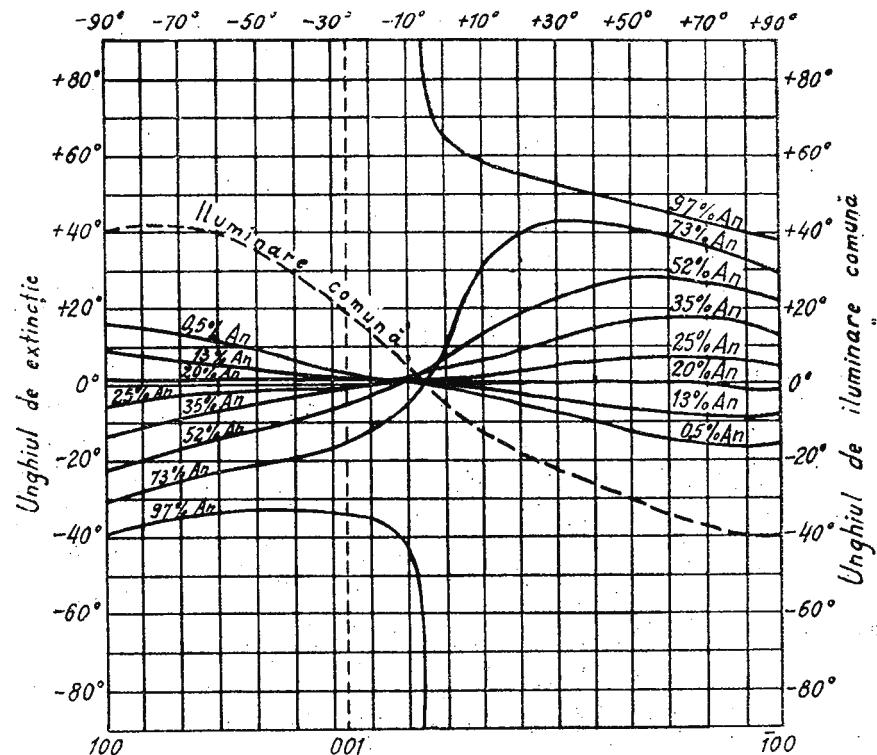


Fig. 56. — Diagrama pentru determinarea feldspatilor plagioclazi zonati.

— utilizând adică atât valorile pozitive cât și cele negative ale ordonatei. Este necesar să se examineze totdeauna aceste două posibilități și să se aleagă cea convenabilă. În practică, se constată că pentru multe cazuri, situația se simplifică, valorile măsurate neputindu-se plasa decit într-o jumătate a diagramei; utilizarea acestui procedeu de lucru poate fi deci folositoare.

BIBLIOGRAFIE

- Berek, M. (1924). Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe der Universalrechtsmethoden. Berlin.
- Bonatti, S. (1934). Metodo per la determinazione dei plagioclasi alla piattaforma di Fedorov. *Pr. V. della Soc. Tos. Sc. Nat.* 43.

- B**radley, Olive. (1953). An investigation of high - temperature optics in some naturally plagioclases. *Min. Mag.* 223.
- B**urri, G. (1956). Charakterisierung der Plagioklasoptik durch drei Winkel und Neuentwurf des StereoGRAMMS der optischen Orientierung für konstante Anorthitintervalle. *Schw. Min. Petr. Mitt.* 36.
- C**hudoba, K. (1932 a). Die Feldspäte und ihre praktische Bestimmung. Stuttgart.
- C**hudoba, K. (1932 b). Die Bestimmung der Plagioklase in Doppelzwillingen nach dem Albit-und Karlsbader-Gesetz bei Untersuchungen mit Hilfe des Universaldrehtisches. *N. Jahrb. M.G.P.* BB. 63.
- C**hudoba, K. (1934). Der Einfluss der Kalifeldspatkomponente auf die Optik der Plagioklase. *Fort. M.K.P.* 18.
- C**hudoba, K., David, F. (1933). Idem II. *N. Jahrb. M.G.P.* BB 67 A.
- C**hudoba, K., Engels, A. (1937). Idem III. *Zblatt. M.G.P.* Abt. A.
- C**hudoba, K., Schilly, W. (1938). Idem IV. *Zblatt. M.G.P.* Abt. A.
- D**olivo-Dobrovolski (1954). Neues Diagramm für die Bestimmung der Feldspäte. *Zap. Vses. Min. Obsc.*, 1953. *Ref. Zblatt. f. M.*, I.
- E**bert, H. (1932). Die Bestimmung der sauren Plagioklase mit Hilfe der Zonenmethode. *N. Jahrb. M.G.P.*, I.
- E**mmons, R. C., Gates, R. M. (1939). New method for the determination of feldspar twin. *Am. Min.* 24.
- F**edorov, E. S. (1898). Universalmethoden und Feldspatstudien. *Zeit. Krist.*, 26, 27, 29.
- F**edorov, E. S. (1899 a). Constatierung der optischen Anomalien in Plagioklasen. *Zeit. Krist.* 31.
- F**edorov, E. S. (1899 b). Biegungssachse der Feldspäte. *Tscherm. Min. Petr. Mitt.* 18.
- F**edorov, S. S. (1900). Mikroskopische Bestimmungen des Periclingesetzes. *Zeit. Krist.* 32.
- G**lauser, A., Wenck, Ed. (1957). Über Gesetzmäßigkeiten im Verlaufe der Migrationskurven der Plagioklase (Fedorov-Methode). *Schw. Min. Petr. Mitt.* 37.
- K**aaden, G. v. d. (1949). Die Zwillingsoptik der Bavenoer- und Manebacherzwillinge von hoch- und tieftemperierte Plagioklasen. *Tscherm. Min. Petr. Mitt.* 1.
- K**arl, F. (1954). Über Höch- und Tieftemperaturopik von Plagioklasen und deren petrographische Auswertung. *Tscherm. Min. Petr. Mitt.* 4.
- K**öhler, A. (1925). Zur Bestimmung der Plagioklase in Doppelzwillingen nach dem Albit- und Karlsbader-Gesetz. *Tscherm. Min. Petr. Mitt.* 36.
- K**öhler, A. (1941). Die Abhängigkeit der Plagioklasoptik vom vorangegangenen Wärmeverhalten. *Zeit. K.M.P.* Abt. B.
- K**öhler, A. (1947). Recent results of investigation on the feldspars. *Journ. Geol.* 57.
- M**anolescu, C. (1934). Über die Lage der morphologischen Bezugsrichtungen bei Plagioklasen und ihre Verwendbarkeit zur Bestimmung des Anortitgehaltes. *Schw. Min. Petr. Mitt.* 14.
- N**iggli, P. (1924, 1926). Lehrbuch der Mineralogie. 1, 2, Berlin.
- N**ikitin, V. W. (1914). La méthode universelle de Fedoroff. Genève — Paris.
- N**ikitin, V. W. (1933). Korrekturen und Vervollständigungen der Diagramme zur Bestimmung der Feldspäte nach Fedorov's Methode. *Tscherm. Min. Petr. Mitt.* 44.
- P**aliuc, G. (1932). Untersuchung der Plagioklase einiger tertärer Ergussgesteine Siebenbürgens mittels der Universaldrehtischmethode. *Schw. Min. Petr. Mitt.* 12.
- R**eynold e, W. (1952). The difference in optics between volcanic and plutonic plagioclases and its bearing on the granite probleme. *Geol. Mag.* 89.
- R**einhard, M. (1931). Universaldrehtischmethode, Basel.

- Rittmann, A. (1929). Die Zonenmethode. *Schw. Min. Petr. Mitt.* 9.
- Spanhauer, F. (1933). Über das Ergebniss von Messungen an synthetischen Plagioklasen mit Hilfe des Universaldrichtisches. *Schw. Min. Petr. Mitt.* 13.
- Streckeisen, A. (1932). Jüngere Eruptivgesteine in Banat mit besonderer Berücksichtigung ihrer Felsspäte. *Bul. Soc. Rom. Geol.* 1.
- Tertsch, H. (1942). Zur Bestimmung von Hochtemperatur-Plagioklasen in Achsen schnitten, *Zeit. K.M.P.* Abt. B.
- Tertsch, H. (1942). Zur Hochtemperatuoptik basischer Plagioklase. *Zeit K.M.P.* Abt. B.
- Wenk, E d. (1933). Statistische Drehtischuntersuchungen an Plagioklasen rumänischer Ergussgesteine. *Schw. Min. Petr. Mitt.* 13.
- Winchell, A. N. (1935). Elements of optical mineralogy, 1. New York.
- Никитин, В. В. (1953). Новые диаграммы для определения полевых шпатов... в Универсальный столик Е.С. Федорова. Изд. Ак. Наук СССР, Москва.
- Заваричкий, А. Н. (1942). Новая диаграмма для определения плагиоклазовых двойников. *Доклад Ак. Наук СССР*, 36, 1.





Institutul Geologic al României

PARTEA IV

UTILIZAREA MUF LA DETERMINAREA ALTOR MINERALE ÎN AFARĂ DE FELDSPĂȚII PLAGIOCLAZI

CONSIDERAȚII GENERALE

Studiul cu MUF a avut foarte multă vreme, și are încă și astăzi, ca principal obiect determinarea feldspaților plagioclazi. Posibilitatea largă pe care o oferă de a stabili cu exactitate care sunt relațiile de poziție între elementele optice și elementele geometrice ale cristalelor, a găsit un minunat cimp de aplicare în studiul seriei izomorfe a plagioclazilor. Faptul că, pînă în prezent, acesta a fost grupul de minerale spre care s-a îndreptat atenția, se datorește, așa cum ușor se poate înțelege, nu posibilităților mai reduse pe care le-ar avea MUF în cercetarea altor minerale, ci, în primul rînd, interesului deosebit pe care îl are în petrografie determinarea feldspaților plagioclazi.

Din capitolele precedente s-a constatat că MUF oferă posibilitatea determinării opticei mineralelor în mod aproape complet, prin aceasta ea fiind, principial, adekvată cercetării oricăror minerale. Încercările de a studia și alte minerale cu MUF sunt foarte numeroase, dar nu există nici un alt caz asemănător feldspaților plagioclazi, în care să se fi ajuns la elaborarea unor metode tot atît de exacte. De altfel, în cadrul seriilor izomorfe, în studiul cărora MUF prezintă o importanță deosebită, nu se cunoaște o situație asemănătoare feldspaților plagioclazi, situație în care poziția indicatricei în interiorul cristalului să varieze atît de complex și caracteristic în funcție de compoziția chimică.



Prin posibilitatea de a determina caracterul de uniaxialitate sau biaxialitate, semnul optic, valorile birefringență într-o direcție dată și pentru unghiul axelor optice, MUF poate servi la determinarea



oricărui mineral; la aceasta se adaugă, cu primă importanță, posibilitatea de a determina indirect unghiul de extincție într-un anumit plan.

În cadrul mineralelor uniaxe, în afară de însăși identificarea uniaxialității, serviciile pe care le poate aduce MUF se referă la determinarea birefringenței. Secțiunea poate fi adusă în aşa fel ca axul optic să fie perpendicular pe direcția de observație; obținerea poziției de birefringență maximă și determinarea acesteia cu compensatorul Berek duce la cîstigarea celei mai importante constante a mineralului.

Pentru mineralele biaxe posibilitățile de cercetare sunt multiple; în funcție de situația în care se prezintă acestea, se pot executa acele determinări pentru care există mai multe condiții favorabile.

Obținerea valorii unghiului axelor optice prin măsurătoare directă constituie unul din elementele cele mai importante care conduc la identificarea mineralului. Situația care să permită această măsurătoare este determinată de inclinarea bisectoarei ascuțite față de planul secțiunii; în foarte multe cazuri, nu pot fi aduse ambele axe optice în direcția de observație, dar poziția unei a doua axe poate fi fixată față de aceea a bisectoarei unghiului lor, și, prin aceasta se poate calcula valoarea acestui unghi. În determinarea unghiului axelor optice se poate utiliza atît examinarca în lumină paralelă cît și cea conoscopică atunci cînd există aparatul necesară; se poate, de asemenea, calcula valoarea unghiului axelor optice prin metodele indirecte expuse anterior.

Determinarea birefringenței maxime, sau a birefringențelor principale, se poate face în majoritatea cazurilor, și aceasta constituie un alt punct de sprijin în identificarea mineralului. Reamintim aici însă, precauțiunile deosebite care trebuie luate cu privire la măsurarea grosimii secțiunii, elementul care poate introduce cel mai ușor erori.

PROCEDEUL LUI VARDANIANȚ PENTRU MĂSURAREA UNGHIIURILOR AXELOR OPTICE CU VALORI MICI

În legătură cu determinarea unghiului axelor optice trebuie să ne oprim ceva mai atent asupra cazurilor în care acesta are valori mici. Practica a arătat că nici studiul conoscopic și nici determinările obisnuite cu MUF nu sint în stare să pună în evidență caracterul de biaxialitate și să ducă la determinarea valorii unghiului axelor optice, atunci cînd acest unghi este prea mic. Cum însă o seamă de minerale foarte frecvente, și în general greu de identificat prin alte mijloace, intră tot mai în această categorie, aşa cum ar fi sanidina, anortozete, minerale anormal biaxe, apatit, nefelin etc., rezolvarea acestei probleme apare ca deosebit



de importantă. L. A. Vardanianț a elaborat un procedeu pentru aprecierea unghiului $2V$ chiar în aceste situații.

Limita superioară a valorii unghiului axelor optice, pentru care caracterul de biaxialitate este evident, este dată de relația :

$$\sin V = \sqrt{\frac{0,0002}{N_Y - N_\alpha}}$$

în care 0,0002 reprezintă acea birefringență care la grosimea normală a unui preparat microscopic ($0,02 - 0,03$ mm) corespunde unei diferențe de drum de $6\mu\mu$ încă seizable de ochiul omenesc. Această expresie arată că la mineralele cu birefringență ridicată unghiul $2V$ minim observabil poate ajunge la valori mici (8° pentru $N_Y - N_\alpha \sim 0,04$) în timp ce pentru birefringențe scăzute aceste valori se măresc foarte mult (21° pentru $N_Y - N_\alpha \sim 0,006$). Cu ajutorul procedeului lui Vardanianț unghiul $2V$ poate fi măsurat și în aceste cazuri, dacă nu este mai mic decât jumătate din valoarea limită indicată pentru birefringență respectivă.

Principiul metodei este următorul. Chiar dacă axele optice fac un unghi atât de mic încât cele două poziții de întunecare pe care ele le determină se reunesc în una singură, există posibilitatea de a aprecia în spațiu întreaga situație a întunecărilor în jurul lor. Este evident că, dacă se examinează un mineral uniax sau biax cu unghiul axelor optice foarte mic, zona de întunecare va avea, în jurul axei optice (sau în jurul celor două axe optice foarte apropiate) o formă circulară într-o secțiune perpendiculară pe bisectoarea ascuțită; dacă însă mineralul este biax cu unghiul axelor optice mai mare decât jumătate din unghiul-limită, zona întunecată va avea, într-o asemenea secțiune, forma unui opt, provenit din alipirea celor două zone circulare din jurul celor două axe optice (fig. 57).

Delimitarea conturului zonei de întunecare se face prin examinarea cîtorva profile ale acestieia; profilele trecind prin bisectoarea ascuțită și, toate, perpendiculare pe planul format de $N\beta$ și bisectoarea obtuză. Prima operație care se execută este aceea a aducerii direcției $N\beta$ în coincidență cu axul A_4 ; prin fixarea centrului zonei de întunecare (= bisectoarea ascuțită) în

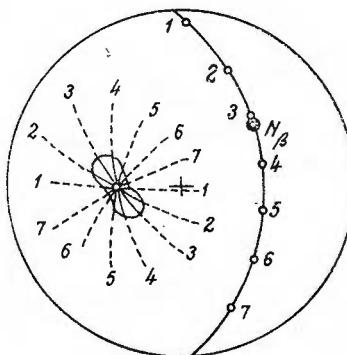


Fig. 57. — Obținerea conturului zonei de întunecare în jurul axeelor optice.

direcția de observație se poate stabili planul format de $N\beta$ și bisectoarea obtuză (planul mesei microscopului în momentul întunecării); în acest plan se aleg cîteva direcții la 15° — 25° una de cealaltă.

A doua operație constă în aducerea fiecărei direcții astfel alese în coincidență cu axul A_4 , iar de aici rotirea ei cu 45° . În această poziție diagonală, prin înclinări în jurul axului A_4 se examinează, pentru toate direcțiile alese în planul perpendicular pe bisectoarea ascuțită — inclusiv direcția $N\beta$ — situația întunecării produse de axa sau axele optice; se notează adică valoarea α_4 la care începe întunecarea și α'_4 la care aceasta încetează. Trecerea acestor valori în stereogramă permite desenul zonei de întunecare.

Dacă, din cauza unei poziții nefavorabile față de planul secțiunii, direcția $N\beta$ nu poate fi adusă inițial în coincidență cu axul A_4 , se identifică cîteva direcții perpendiculare pe bisectoarea ascuțită, direcții care determină astfel planul perpendicular pe această bisectoare, iar $N\beta$ se determină abia în acest moment, prin construcție; exactitatea operației poate fi acum verificată prin aducerea direcției determinate ca $N\beta$ în coincidență cu axul microscopului.

După determinarea conturului zonei de întunecare, acesta poate fi utilizat la calcularea unghiului axelor, optice, cu ajutorul relației :

$$2V = \sqrt{2(A + B)(A - B)} = \sqrt{2(A^2 - B^2)}$$

stabilită de V a r d a n i a n t̄, în care A este semiaxa mare și B semiaxa mică a conturului. Relațiile dintre valorile A și B în cadrul diverselor birefringențe pentru unghiurile $2V$ cuprinse între 0° — 21° sunt date în diagramă din fig. 58. Examinind această diagramă se constată că valo-

rile $2V$ limită care se pot determina sunt :

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| $N\gamma - N\alpha = 0,006$ | $2V \geq 12^\circ$ |
| $0,009$ | $2V \geq 10^\circ$ |
| $0,040$ | $2V \geq 5^\circ$ |
| $0,100$ | $2V \geq 3^\circ$ |

Procedeul expus dă numai o valoare aproximativă a valorii unghiului axelor optice; eroarea poate să urce uneori la 25 %.

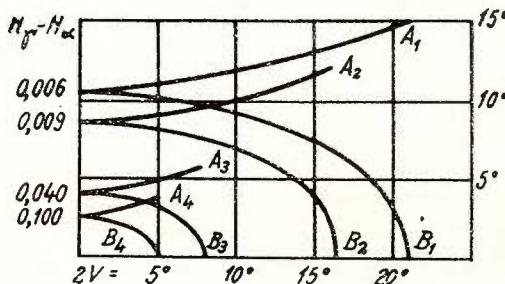


Fig. 58. — Relațiile dintre valorile birefringenței, ale unghiului $2V$ și posibilitatea de determinare a acestuia.

PROCEDEE DE DETERMINARE A PIROXENILOR ȘI AMFIBOLILOR

Mineralele din grupele piroxeni și amfiboli pot fi suficient de bine caracterizate prin poziția pe care o ocupă indicatricea în interiorul cristalilor; variația poziției acesteia reușește să separe destul de net termenii intermediari ai acestor serii izomorfe. Cum majoritatea piroxenilor și amfibolilor pot fi încadrați în serii izomorfe — binare sau mai complexe — se înțelege utilitatea deosebită a aprecierii orientării lor optice, în vederea identificării.

Dcoarece la piroxenii și amfibolii monoclinici, direcția $N\beta$ coincide, în mareea majoritate a cazurilor, cu direcția cristalografică [010] (planul axelor optice este, adică, (010)), orientarea indicatricei se poate foarte comod aprecia prin unghiul de extincție pe față (010), unghi maxim de extincție în zona axului [001]; pentru toate seriile izomorfe stabilite, au fost construite diagrame în care este înfățișată variația valorii unghiului de extincție pe față (010).

Obținerea prin construcție a unghiului maxim de extincție la piroxenii și amfibolii monoclinici. Obținerea secțiunilor paralele cu (010) este destul de dificilă la amfibolii și piroxenii monoclinici pentru că, datorită clivajului lor după (110), studiul în pulbere — care în alte cazuri este foarte util — nu poate fi folosit. În cele ce urmează va fi prezentat un procedeu foarte simplu de obținere prin construcție a unghiului maxim de extincție în zona axului [001], fără să fie nevoie de cunoașterea poziției axelor optice — așa ca în cazul general — deoarece, așa cum se știe, în foarte multe situații nu pot fi prinse ambele axe în direcția de observație. Procedeul se bazează pe faptul că la amfibolii și piroxenii monoclinici direcția $N\beta$ coincide în majoritatea cazurilor cu axa cristalografică [010]. Să presupunem că în stereogramă au putut fi proiectate cele trei plane de simetrie optică și a fost determinat caracterul celor trei direcții principale (fig. 59). Este necesar, de asemenea, să fie proiectat polul unei fețe de clivaj C (aceasta se face în modul cunoscut, aducind urma planului de clivaj în direcție NS, cît mai subțire). Acestea sunt toate elementele care permit determinarea valorii maxime a unghiului de extincție.

Față după care se produce clivajul (110), poate determina, împreună cu o sau două față din zona [001], direcția axului acestei zone, adică direcția axului [001]. Pe proiecția stereografică, în afară de față de clivaj (110), mai este reprezentată încă o față din această zonă: față (010) marcată prin proiecția lui $N\beta$ care, fiind perpendicular pe ea, este polul său. Cercul mare care cuprinde polul feței (110) și al feței (010) reprezintă zona [001]



iar la 90° de acest cerc trebuie să se găsească proiecția axei de zonă care coincide cu [001]. Polul axului de zonă cade chiar în planul de simetrie $N\alpha N\gamma$ deoarece zona [001] este perpendiculară pe (010). Arcul $N\gamma P$ reprezintă unghiul maxim de extincție $N\gamma : (001)$ în zona [001].

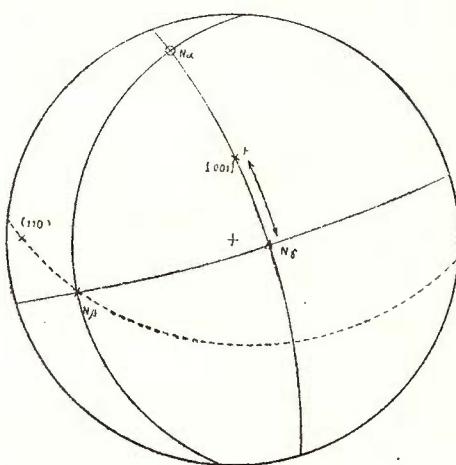


Fig. 59. — Obținerea prin construcție a unghiului maxim de extincție în zona (001) la un piroxen monoclinic.

de clivaj. Ea este însă net superioară determinării directe a unghiului de extincție, pe secțiuni identificate conoscopic, în funcție de urmele de clivaj destul de puțin nete, datorită inclinării lor față de planul (010). Metoda se aplică în aceleași condiții și în cazul în care axul cristalografic [010] are un alt corespondent decât $N\beta$ cu condiția cunoașterii acestei situații.

Procedeul lui Korjinski pentru determinarea directă a unghiului de extincție pe fața (010) la amfiboli și piroxeni monoclinici. Pentru unele situații particulare ale secțiunilor de amfiboli și piroxeni, K o r - j i n s k i a elaborat un procedeu foarte rapid de identificare a feței (010), pe care unghiul de extincție să poată fi măsurat direct. Procedeul este aplicabil tuturor cristalelor care prezintă una sau mai multe lamele de macle după (100). După cum se știe, la piroxeni și amfiboli se întâlnesc aproape exclusiv macle după (100); ele sunt destul de frecvente. Procedeul se mai bazează — ca și cel precedent — pe faptul că planul axelor optice este aproape totdeauna (010). Aplicarea acestui mod de lucru, așa cum se va vedea în continuare, este limitată numai la situațiile în

Pentru a ușura, eventual, citirea acestui unghi se poate transforma stereograma în așa fel ca planul ei de proiecție să fie (010). Pentru aceasta se transportă polul $N\beta$ în centrul proiecției, și toate celelalte puncte sunt mișcate în mod corespunzător. În acest caz, cercul mare al stereogramei reprezintă planul și zona (010); cele două plane de simetrie optică perpendiculare pe (010) se proiectează ca diametre perpendiculare între ele. Polul axului de zonă [001] ajunge pe circumferință, unde se poate citi unghiul $N\gamma : (001)$.

Exactitatea determinărilor depinde numai de exactitatea fixării poziției planelor de simetrie optică și

care planul axelor optice (010) prezintă o înclinare redusă față de planul secțiunii.

Planul de alipire al maclei trebuie adus paralel cu firul reticular vertical, perpendicular pe axul A_4 . În această situație, ambii indivizi vor prezenta aceeași culoare de birefringență, întrucât axa de maclă corespunde, în această poziție, cu axul A_4 . Prin rotire în jurul acestuia, iluminarea egală se menține deoarece se menține zona perpendiculară pe (100). Din zona perpendiculară pe (100) interesează numai fața (010) întrucât extincția măsurată pe ea este caracteristică. Cum inclinările în jurul axului A_4 pot merge pînă la 60° , pentru a putea obține secțiunea (010) în cîmpul microscopului, este necesar ca ea să nu fie înclinată cu mai mult de 50° față de planul preparatului. Probabilitatea întîlnirii unor asemenea secțiuni este de 36%.

Identificarea planului (010) se face prin observarea birefringenței maxime și prin faptul că este la 90° de poziția de extincție — care corespunde cu fața (001) — direcția $N\beta$ avînd aceeași orientare cu urma planului (100) pe (001).

După ce a fost stabilit în felul acesta, se procedează la măsurarea unghiului de extincție pe acest plan; extincția trebuie apreciată cu observarea că ea să se producă în funcție de $N\gamma$ (situație care se verifică cu ajutorul lamei de gips).

Trebuie făcute următoarele observații relativ la acest procedeu:

a) Exactitatea necesară în stabilirea secțiunii (010) prin rotire în jurul axului A_4 , este de ordinul a 10° , de oarecare o eroare de 10° duce la o diferență de numai $30'$ în valoarea unghiului de extincție.

b) Exactitatea necesară în stabilirea poziției de perpendicularitate a planului de maclă pe direcția axului A_4 este de ordinul a 5° ; o eroare de 5° , se anihilează complet în valoarea unghiului de extincție, dacă se face media unghiurilor de extincție în cei doi indivizi macleați.

Din cele expuse se înțelege că procedeul lui K o r j i n s k i este deosebit de rapid și exact, în situațiile în care el poate fi aplicat.

Variația valorii unghiului de extincție la piroxenii și amfibolii rombici. În legătură cu modul în care se produc extincțiile la piroxenii și amfibolii rombici și cu caracterele care îi deosebesc de termenii monoclinici cu birefringențe asemănătoare — este îndeosebi cazul pigeoni-



telor, în grupul piroxeni — trebuie făcute cîteva precizări generale, valabile, de altfel, pentru toate cristalele din sistemul rombic.

Datorită faptului că cele trei plane principale de vibrație corespund cu cele trei plane cristalografice principale (100) (010) și (001), cristalele rombice sănt prezентate, într-un mod general, ca avînd totdeauna extincție dreaptă. În realitate, aşa cum se va arăta în continuare, extincțiile sănt drepte față de urma oricărui din cei trei pinacoizi (100), (010) și (001) numai pe fețele de forma (okl), (hol) și (hko); în toate celelalte plane extincțiile sănt inclinate. Pentru a arăta aceasta vom folosi construcția cunoscută a unghiurilor de extincție pe o față oarecare (fig. 60).

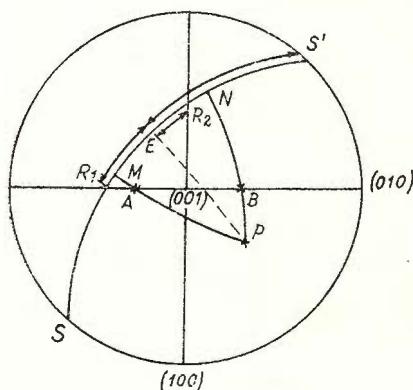


Fig. 60. — Unghiurile de extincție pe o față P , față de urmele celor trei pinacoizi la un cristal rombic.

Fie SS' o față oarecare și P polul ei; PAM și PBN sănt planele care cuprind cîte un ax optic și normală la față iar PE planul care bisectează unghiul lor. Față de urmele clivajelor după pinacoizi, unghiurile de extincție au valorile :

- ER_1 pentru urma (100)
- ER_2 pentru urma (010)
- ES' pentru urma (001)

toate trei diferite de 90° .

Valorile extincțiilor pot fi redată diagramatic, pentru orice poziție a feței R , punîndu-se în evidență astfel variația lor.

Situatia înfățișată se referă însă numai la cristalele cu clivaj pinacoidal; cazurile în care clivajul este prismatic se încadrează într-o altă situație; aceste cristale, și este cazul piroxenilor și amfibolilor rombici, au toate extincție dreaptă în zona [001], adică pe fețele (100) și (010) precum și pe fețele de formă (hko), extincție simetrică pe fața (001) și pe fețele de formă (okl) și (hol) și extincție înclinată pe fețele oarecare.

Din această cauză, în multe cazuri identificarea piroxenilor și amfibolilor rombici este dificilă. Ambele construcții însă, atît cea generală necesitînd cunoașterea poziției axelor optice cît mai ales cea expusă în acest capitol permit să se constate dacă pe pinacoizii (100) și (010), extincțiile sănt drepte sau înclinate, dacă săntem adică în prezența formelor rombice sau a unor termeni monoclinici asemănători din punct de vedere al birefringenței.

DETERMINAREA FELDSPAȚILOR POTASICI

Cercetările recente asupra feldspaților potasici au arătat că acest grup de minerale este mai bogat și mai variat decât se crezuse inițial, că relațiile dintre ei sunt cu mult mai complexe decât se considerase la început; utilizarea MUF în identificarea feldspaților potasici a devenit astfel, la fel de necesară ca și în examinarea feldspaților plagioclazi.

În mod obișnuit, feldspații potasici sunt prezentați ca:

Ortoză (cu forme de adular), monoclinică;

Sanidină, monoclinică cu unghi $2V$ mic;

Microclin, triclinic;

Anortoză, formă sodo-potasică, triclinică (pseudomonoclinică).

Începând din anul 1950 au fost semnalate tot mai multe cazuri în care ortoza sau sanidina prezintau simetrie triclinică (total sau parțial), fără însă ca în asemenea aspecte ele să fie identice microclinului (așa cum demonstrează diagramele de difracție a razelor X). Studiul în raze X a mai arătat că de la ortoza monoclinică la microclinul triclinic există forme intermediare, în cadrul cărora „indicele de triclinicitate” prezintă o variație continuă între valorile 0 (ortoză) și 1 (microclin). Variația acestui indice s-a arătat a fi determinată în mod direct de temperatură de formare a cristalelor, de istoria răcirei lor. Într-o aceeași rocă și într-un același cristal indicele de triclinicitate poate prezenta variații apreciabile, deoarece el se schimbă și după formarea cristalelor.

O precizare a noțiunilor se impunea în acest moment; iată care este, astăzi, sensul în care se utilizează diversii termeni.

Ortoză: feldspat potasic monoclinic cu planul axelor optice perpendicular pe (010). $2V = 54^\circ - 76^\circ$, cel mai adesea 63° , excepțional 44° .

Adular: feldspat potasic monoclinic (uneori cu lamele de maclă triclinice), cu caractere optice identice ortozei; se distinge prin habitusul pseudoromboedric și modul de zăcămînt.

Sanidină: feldspat potasic monoclinic cu habitus tabular (010) și $2V = 0^\circ - 23^\circ$. Apare în rocile vulcanice.

Microclin: feldspat potasic cu simetrie triclinică; $2V = 78^\circ - 84^\circ$. Poate să fie nemaclat sau să prezinte macle de albit și periklin în același timp.

Ortoză triclinică (= triclinizată) sau *microclin intermediar*: feldspat potasic cu simetrie deosebită într-o bună măsură de simetria monoclinică, fără a atinge însă triclinicitatea microclinului propriu-zis.

Anortoză: feldspat sodo-potasic pseudomonoclinic; $2V = 42^\circ - 54^\circ$; macle albit și periklin; în rocile vulcanice.

Stabilitatea acestor forme este variată. Sanidina este forma stabilă peste 700° , în timp ce microclinul este forma stabilă sub această temperatură; ortoza este o formă metastabilă la temperatura obișnuită. În felul acesta se explică prezența cristalelor triclinizate, a tendinței de adoptare a simetriei microclinului. Existența acestor forme intermediare mărește foarte mult numărul aspectelor în care se pot prezenta feldspați potasici și creiază dificultăți deosebite în determinare.

★

Coordonarea diverselor date pe care le oferă MUF în studiul cristalelor poate conduce la identificarea feldspațiilor potasici.

Separarea formelor de temperatură înaltă (sanidină și anortoză) de cele de temperatură scăzută este posibilă, în ceea mai mare parte a cazurilor, prin măsurarea unghiului axelor optice. Valoarea $2V = 54^{\circ}$ separă — cu excepția rarelor ortoze cu un unghi de circa 44° — aceste două grupe de minerale. Determinarea unei valori sub 23° pentru unghiul axelor optice (eventual prin procedeul lui Vardanian) și constatarea indicilor generali de simetrie monoclinică reprezentă elemente suficiente pentru identificarea sanidinei.

La separarea anortozei contribuie — pe lîngă valoarea unghiului axelor optice — prezența regulată a maclelor albit și periklin, care își dau un aspect cadrilat foarte fin. Eventuala asemănare cu microclinul se rezolvă prin constatarea unui unghi maxim de extincție de numai 2° în zona perpendiculară pe (010), mult deosebit de cel al microclinului, 15° pe fața (001).

O valoare $2V > 54^{\circ}$ separă suficient de bine formele de temperatură scăzută de cele anterioare; determinarea exactă a acestuia poate servi în continuare la deosebirea ortozei de microclin, valoarea $2V = 77^{\circ}$ putând fi considerată a reprezenta limita dintre aceste minerale. Prezența simultană a maclelor albit și periklin constituie un indicu sigur al prezenței microclinului, făcînd să nu mai fie necesare alte determinări; absența acestora nu poate fi interpretată însă ca absență a microclinului.

Separarea ortozei de microclin, în cazul absenței maclelor caracteristice la acesta din urmă, se face prin determinarea unghiului de extincție $N\gamma$: (010) pe fața (001); el este 0° la ortoză și 15° la microclin. Determinarea directă poate fi, eventual, înlocuită prin obținerea prin construcție a unghiului de extincție pe fața (001) dacă se cunoaște poziția axelor optice.

Aprecierea valorii unghiului de extincție $N\gamma$: (010) pe fața (001) poate servi, în general, la separarea cristalelor monoclinice de cele triclinice.



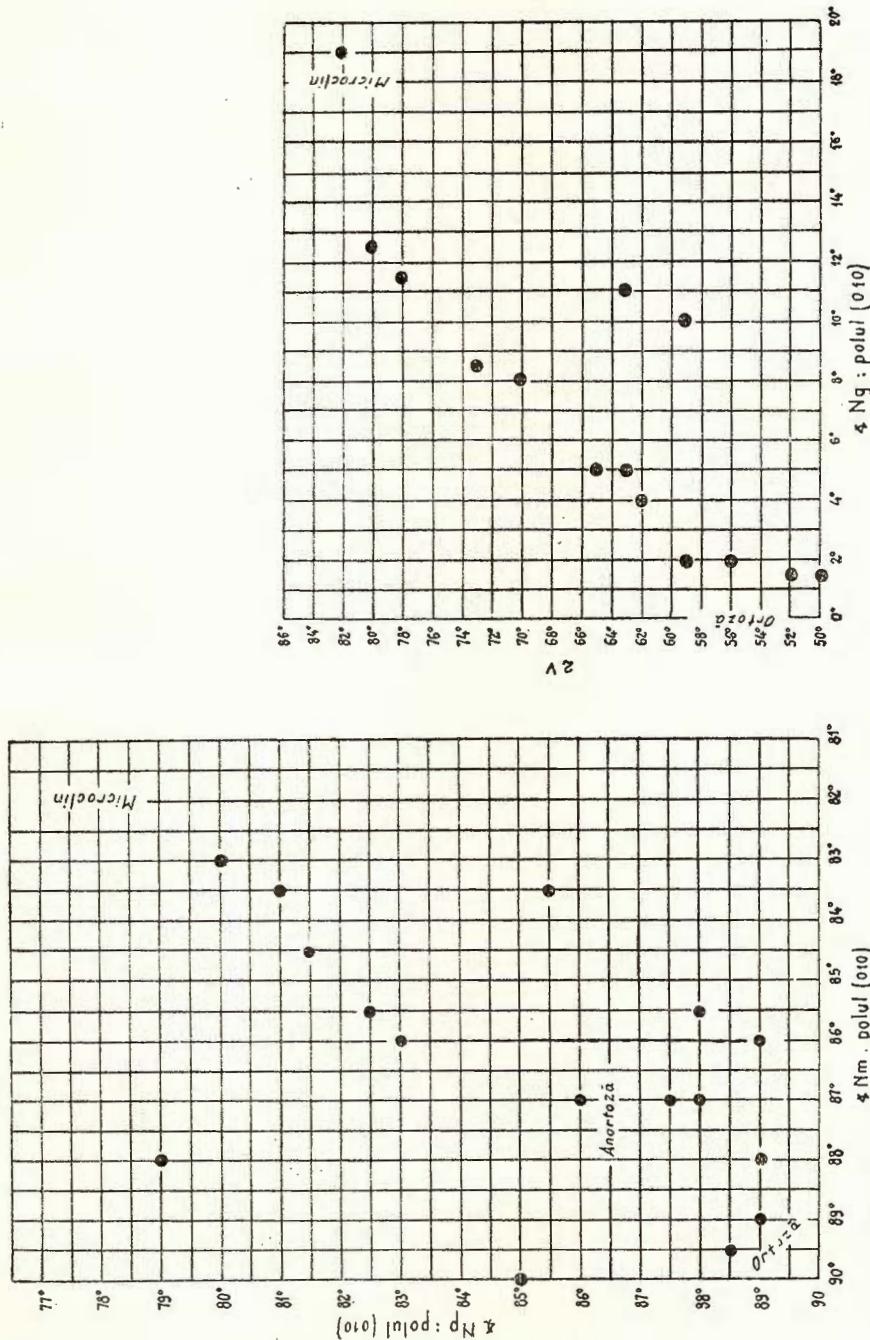


Fig. 61. — Unele relații ale poziției clementelor optice și geometrice în seria ortoă-ortoze triclinizate-microclin.
a. b.

TABELUL 5

| Numele mineralului | Caracterul planului | Simbolul planului sau axei | Orientarea indicatricei | | | Coordonate polare | | |
|--------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-----------|------------|-------------------|-----------------|------------------|
| | | | N_Y | N_β | N_α | N | N_β | N_α |
| | | | | | | | λ_β | λ_α |
| Sfen | Clivaj | (110) | 49°30' | 57° | 58°30' | 44° | 51° | 40° |
| | Alipire | (100) | 39° | 90° | 51° | | | |
| | Alipire | (221) | 40° | 51° | 82° | 13° | 79°30° | 39° |
| | Alipire | (001) | 21° | 10° | 69° | | | |
| Jadeit | Clivaj | (110) | 70°–67° | 43°30' | 53°–56° | 39°–37°30' | 30°–35° | 64°30'–68 |
| | Clivaj | (010) | 90° | 0° | 90° | | | |
| | Alipire | (100) | 60°–55° | 90° | 30°–35° | | | |
| | | [001] | 30°–35° | 90° | 60°–55° | | | |
| Monazit | Clivaj și alipire | (100) | 86°30' | 3°30' | 90° | | | |
| | Clivaj | (001) | 10°30' | 79°30' | 90° | | | |
| | Clivaj | (010) | 90° | 90° | 0° | | | |
| Anhidrit | Clivaj | (001) | 90° | 90° | 0° | | | |
| | Clivaj | (010) | 90° | 0° | 90° | | | |
| | Clivaj | (100) | 0° | 90° | 90° | | | |
| | Alipire | (012) | 90° | 63°30' | 26°30' | | | |
| | Alipire | (101) | 42° | 90° | 48° | | | |
| Olivină | Clivaj | (010) | 90° | 90° | 0° | | | |
| | Clivaj | (100) | 0° | 90° | 90° | | | |
| | Alipire | (011) | 90° | 30°30' | 59°30' | | | |
| | Alipire | (012) | 90° | 16°30' | 73°30' | | | |

nice (el este diferit de 0° la acestea din urmă) și, prin aceasta, reprezintă principalul procedeu pentru examinarea formelor de ortoze triclinizate. Prezența acestor forme se trădează prin asocierea unor caractere ale ortozei (spre exemplu valoarea 2V) cu un unghi de extincție diferit de 0° pe față (001). Asemenea situații pot caracteriza un întreg cristal sau numai anumite zone din el.

Examinând un material alcătuit îndeosebi din forme triclinizate, M. G y s i n crede a fi putut seziza unele elemente care să caracterizeze



în detaliu trecerea de la simetria monoclinică la aceea triclinică. Diagramele din fig. 61 arată că aceste elemente — utilizate drept coordonate aici — prezintă o variație continuă între termenii extremi.

OBSERVAȚII ASUPRA DETERMINĂRII MINERALELOR DIN GRUPUL EPIDOT

V. S. Sobolev a atras atenția asupra unor complicații care pot interveni în determinarea mineralelor din grupul epidot, pentru a căror rezolvare utilizarea MUF este necesară.

Se știe că elementele optice care permit, într-o primă aproximație, separarea epidotului obișnuit de zoizit — elemente care de altfel, sunt și cele mai utilizate pentru această separare — sunt birefringența și valoarea unghiului de extincție; birefringența scăzută, cu culori albastre anomale și extincția dreaptă caracterizează zoizitul. În realitate însă, și la epidot — mai ales la termenii săraci în fier — se pot întâlni birefringențe scăzute și extincții drepte în secțiuni cu o anumită orientare. Pentru o reală identificare a zoizitului sunt, astfel, necesare informații suplimentare pe care MUF le poate cu ușurință furniza.

Aprecierea valorii unghiului de extincție pe anumite fețe poate fi făcută cu ajutorul construcției cunoscute; pentru aceasta este nevoie însă de cristale maclate, pentru ca existența planului de alipire (100) să poată preciza un prim element geometric. Măsurarea unghiului axelor optice reprezintă o altă indicație ce poate fi obținută cu ajutorul MUF.

TABELELE LUI V. S. SOBOLEV

Pentru a permite determinarea oricărui mineral cu ajutorul MUF, V. S. Sobolev a alcătuit tabele în care — pentru un mare număr de minerale — sunt date relațiile de poziție între direcțiile $N\alpha$, $N\beta$, $N\gamma$, pe de o parte, și planele de clivaj sau de alipire, pe de alta. Aceste tabele — din care, în continuare este prezentat un mic extras — conțin distanțele unghiulare dintre principalele plane de clivaj sau alipire la macle și cele trei axe ale indicatricei. La mineralele monoclinice și triclinice sunt date — pentru a elimina construcția stereogramei — și coordonatele polare ale fețelor de clivaj sau alipire; acestea sunt date pentru cele trei posibilități ($N\gamma$, $N\beta$ sau $N\alpha$ în direcția de observație) și este notată și direcția de la care s-a măsurat longitudinea λ_β , λ_α sau λ_γ (tabelul 5).



BIBLIOGRAFIE

- Burri, C. (1931). Bestimmung der Auslöschungsschiefe monokliner Augite und Hornblende auf (010) mittels beliebiger Schnitte. *Schw. Min. Petr. Mitt.* 11.
- Burri, C. (1950). Das Polarisationsmikroskop. Basel.
- Franco, R., Schairer, I. (1951). Liquidus temperatures in mixtures of the feldspar of soda, potash and lime. *Journ. Geol.* 59.
- Gysin, M. (1957). Sur l'existence d'«orthoses tricliniques» dans certaines roches de l'Himalaya, du Népal. *Schw. Min. Petr. Mitt.* 37.
- Laves, F. (1951). A revised orientation of microcline and its geometrical relation to albit and cryptoperthites. *Journ. Geol.* 59.
- Laves, E. (1951). Artificial preparation of microclin. *Journ. Geol.* 59.
- Scharbert, H. G. (1935). Zur Optik der Kalifelssäte. *N. Jahrb. f. Min.*
- Варданянц, Л. А. (1948). Способ исследования двусостности минералов при малом угле оптических осей. *Изв. А. Н. Армянской ССР*. 1, 1.
- Коржинский, Д. С. (1928). Углы погасания на универсальном столике Федорова. Измерение действительного угла погасания роговых овбманок и пироксенов. *Изв. Геол. Ком.* 47, 5.
- Соболев, В. С. (1954). Федоровский метод. Москва.

Primit: octombrie 1964.



EXPLICĂȚIA PLANSELOR

- Planșa I. — Nomograma lui Fedorov.
Planșa II. — Nomogramă pentru corecția unghiurilor.
Planșa III. — Nomogramă pentru corecția unghiurilor.
Planșa IV. — Nomogramanele lui Tröger.
Planșa V. — Diagrame pentru determinarea unghiului $2V$ prin metoda diferenței de drum caracteristice.
Planșa VI. — Diagrama lui Nikitin pentru determinarea refringenței.
Planșa VII. — Stereograma $\perp N\beta$. Migrația polilor fețelor.
Planșa VIII. — Stereograma \perp zona (001). Migrația elementelor optice.
Planșa IX. — Stereograma pe (010). Migrația elementelor optice.
Planșa X. — Stereograma pe (001). Migrația elementelor optice.
Planșa XI. — Stereograma $\perp N\beta$. Migrația direcțiilor muchiilor și a normalelor la muchii.
Planșa XII. — Diagrama lui Nikitin.
Planșa XIII. — Diagrama lui Zavaritki.
Planșele XIV — XIX. — Diagramanele lui Köhler.
Planșa XX. — Rețeaua stereografică a lui Vulf.



Redactor : Mircea Pauchă
Tehnoredactor și corectori : G. Cazaban, E. Mateescu, L. Fote
Ilustrația : I. Petrescu

Dat la cules : 12-XII-1954. Bun de tipar : 20.V.1965. Tiraj : 750 ex. Hirtie
cartografică 49 gr m². Ft. 70×100. Coli de tipar : 8,50. Com. nr. 5058. Pentru
biblioteci indicele de clasificare : 55(05).

Tiparul executat la Întreprinderea Poligrafică „INFORMATIA”.
Str. Brezoișanu nr. 23-25.



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României