

A FEDOROFF-FÉLE MÓDSZER KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A FÖLDPÁTOK MEGHATÁROZÁSÁRA.

Irta: ZSIVNY VIKTOR dr. *

— A 16—28. ábrával. —

A földpátok az eruptív kőzetek osztályozásában igen fontos szerepet visznek s ezzel kapcsolatban a makroszkópos módon, különösen azonban a vékonycsiszolatban való meghatározásuk már régóta élénken foglalkoztatja a szakembereket.

Legyen szabad a vékonycsiszolatban való meghatározásuk ma használatos módszereit röviden jellemezni. A FOUQUÉ és MICHEL LÉVY-féle módszereknél, a melyeket főleg BECKE, VIOLA, PEARCE és DUPARC fejlesztettek tovább: orientált metszeteken kioltásokat mérünk. BECKE konoszkópikus módszerében egészen speciális orientációjú metszeten¹ az ikerállásban levő kristály egyénekben az optikai tengelyeknek és az optikai tengelysíkoknak helyzetét állapítjuk meg s eme adatokból a különböző ikerpárok fent említett megfelelő optikai elemei által bezárt szöveget vezetjük le, mely a plagioklász kémiai összetételének és a fennforgó hemitropiának függvénye. FEDOROFF módszerénél tetszőleges helyzetű metszeten krisztallográfiai elemeknek (hasadási lap, összenövési sík) és az optikai tengelyeknek térbeli helyzetét az n_g n_m n_p ² ellipszoidtengelyekhez képest állapítjuk meg. Emez utóbbi módszernél tehát a földpát meghatározása térbeli geometriai művelet s a földpát jellemzésére kristálytani elemeknek az ellipszoid tengelyeire vonatkoztatott sphaerikus koordinátáit használjuk fel. Az említett módszereknél egy művelet kapcsán állapíthatjuk meg a földpát kémiai karakterét és az ikertörvényt. A három főtörésmutató relatív nagyságának, különösen pedig a három főkettőtörésnek, mint egyedüli diagnosztikai bélyegeknél mérése kevésbé használatos és jelentős; a szóban levő ikertörvényről nem adnak felvilágosítást s csupán a földpát kémiai összetételére engednek következtetni.

Legáltalánosabban használták a FOUQUÉ és MICHEL LÉVY-féle módszerek, amelyek mellett még a törésmutató relatív nagyságának meghatározására szolgáló BECKE-féle módszer visz fontos kiegészítő szerepet. Az elsőül említett módszerek mai fejlettségük mellett aránylag gyorsan vezetnek eredményhez,

* Előadta a Magyarhoni Földtani Társulat 1928. május hó 2.-án tartott szakülésén.

¹ oly metszeten, melynél valamennyi hemitrop lemezke szomszédos helyzetű egy-egy optikai tengellyel.

² γ , β , α helyett a francia írásmódot használva. A következőkben *ellipszoid* alatt mindig az n_g , n_m , n_p ($= \gamma$, β , α) ellipszoid értendő.

de hátrányuk, hogy az orientált metszetek keresése nem mindig kényelmes, az orientáció gyakran tökéletlen, továbbá nem biztosítanak mindig egyetlen megoldást, hanem gyakran egynél több, esetleg négy megoldásra is vezetnek. Ezzel szemben a FEDOROFF-módszer precízióval fixirozván minden krisztallográfiai elem koordinátáit: elvileg megszüntet minden bizonytalanságot az ikrek értelmezésében, vagyis elvileg egyetlen megoldásra vezet s e mellett megvan ama nagy előnye, hogy tetszőleges metszeten alkalmazható. Eme általános használhatóságából következik, hogy kritikus esetekben az egyetlen biztosan célra vezető módszer s így elsőrendű fontosságú. A FEDOROFF-technika nemcsak a földpátok meghatározásánál játszik nélkülözhetetlen szerepet, hanem bármely nem opak ásvány optikai jellemvonásainak megállapítására s így az ásvány meghatározására, továbbá vékonycsiszolatok vastagságának mérésére sikerrel alkalmazható.

Hogy a FEDOROFF-módszer ma már a nyugati nemzeteknél is általánosan használatos, az főleg L. DUPARC-nak köszönhető, ki azt szentpétervári tartózkodása alatt magától E. FEDOROFF-tól s annak tanítványától és munkatársától W. W. NIKITIN-től sajátította el s 1912-ben genévi laboratóriumában meghonosította. DUPARC nemcsak NIKITIN standardmunkájának két kötetét (*La méthode universelle de Fedoroff* [Genève, 1914], I.—II., atlaszal) fordította le VÉRA de DERVIES-szel franciára, hanem a módszer technikáját is tökéletesítette s M. REINHARD-dal együtt a földpátok meghatározásához szükséges diagrammokat BECKE adatai alapján újból megszerkesztette, a módszer elméletét és gyakorlati kivitelét a *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen* (*Bull. Suisse de Min. et Pétr.ogr.*) III. kötetében (p. 1—74) 1923-ban, valamint lényegtelen változtatásokkal nagy munkájukban: *La détermination des plagioclases dans les coupes minces*-ben³ 1924-ben írta⁴. 1912 óta számos külföldi dolgozott DUPARC laboratóriumában az új technika elsajátítása céljából. 1928 elején én is hosszabb ideig tanulmányozhattam e módszert az említett laboratóriumban. Legyen szabad e helyen is hálás köszönetemet kifejeznem DR. HÓMAN BALINT m. nemz. múzeumi főigazgató úrnak az anyagi támogatásért, az *Orsz. Gyűj-*

³ megjelent mint a *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève* 1924. évi (40) I. fascikulusa.

⁴ M. A. USSOFF „*La méthode de Fedoroff ou méthode universelle de détermination des minéraux des roches et particulièrement des feldspats*“ (Tomsk, 1910) című s a FEDOROFF-módszerre vonatkozó teljes irodalom felhasználásával készült összefoglaló munkájában orosz nyelven ismerteti e módszert. Becses M. BERK „*Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe ber Universaldrehtischmethoden*“ című munkája (1924).

DUPARC- REINHARD-tól függetlenül s velük lényegében egyidejűleg WÜLFING is szerkesztett egy diagrammot, melyet amazoknál egy évvel később közölt (ROSENBUSCH: *Mikr. Phys.-ogr. d. Min. u. Gest.*, V. kiad. [WÜLFING és MÜGGE], I, 1 [1924], p. 499 és III. tábla).

FEDOROFF értekezéseinek, továbbá munkatársai, tanítványai, valamint más szerzők eme módszerre vonatkozó néhány munkájának bibliográfiáját illetőleg lásd a ROSENBUSCH-WÜLFING-MÜGGE-, a NIKITIN-DUPARC- DE DERVIES és a DUPARC-REINHARD-féle idézett munkákat. A FEDOROFF-módszerre vonatkozó hatalmas irodalom legbővebb fejsorolását I. MARCET RIBA barcelonai professzor sajtó alatt lévő munkájában (*Méodes universals de Fedorow*) adja [a szerző által küldött kefelenyomat szerint].

teményegyetem Tanácsá-nak, DR. HÓMAN BÁLINT főigazgató és DR. ZIMÁNYI KÁROLY múzeumi igazgató uraknak a szükséges szabadság engedélyezéséért, LOUIS DUPARC professzor úrnak és asszisztensének DR. MARCEL GYSIN magántanár úrnak ama túlzás nélkül páratlannak mondható készségükért, mellyel lehetővé tették számomra a FEDOROFF-módszer elsajátítását.

Minthogy e módszer nálunk kevésbé ismert és használt: a következőkben főleg a plagioklászok meghatározása szempontjából röviden ismertetni szándékozom. Eltekintek a módszer fejlődésének tárgyalásától s csupán a mai alakjára leszek tekintettel.

A plagioklászoknak e módszerrel való meghatározása a következő részekből áll.

1. a kristálytani elemek (nevezetesen a hasadási lapok, az ikersík⁵⁾) továbbá az optikai elemek (a három ellipszoidtengely, az optikai tengelyek) térbeli helyzetének sphaerikus koordinátákkal való meghatározása. Ez a meghatározás kísérleti része. A földpát meghatározásához elegendő egyetlenegy kristálytani elem helyzetének meghatározása, de kontroll és az egyértelmű megoldás biztosítása céljából mindig annyit határozunk meg, amennyit csak lehetséges;

2. az adatokat gömbprojekcióban („I.“ projekció) ábrázoljuk oly módon, hogy a projekció síkja a vékonycsiszolat síkja legyen. Az ikerállásban levő egyének ellipszoidtengelyei pólusainak projekciójából megszerkesztjük az iker-tengely pólusait. E szerkesztésből kiténik, hogy normál, vagy parallel hemitropiával illetőleg komplex-szel van-e dolgunk? A projekció adataiból leolvassuk a kristálytani elemeknek a három ellipszoidtengelyhez való helyzetét sphaerikus koordinátákban és ezek segítségével

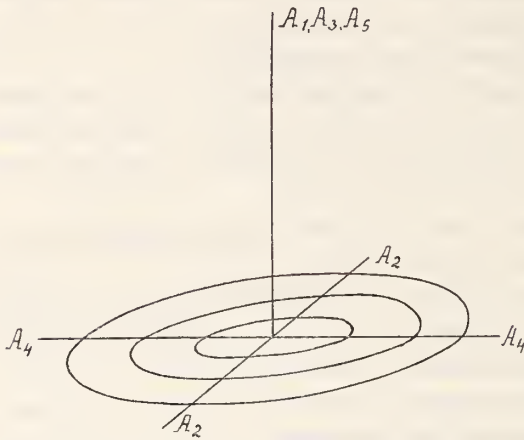
3. egy újabb („II.“) projekcióban (melynek síkja: $n_g n_p$ ellipszoidsík) ábrázoljuk a krisztallográfiai elemeknek pólusait. Eme utóbbiakat fedésbe hozván a NIKITIN, DUPARC-REINHARD vagy WÜLFING-féle diagrammok egy-egy görbéjével, melyek a krisztallográfiai elemek pólusainak a kémiai összetétellel való vándorlását tüntetik fel: leolvashatjuk a plagioklász kémiai összetételét és a szóban levő ikertörvényt.

Ezek után vegyük kissé részletesebben szemügyre a vázolt műveleteket:

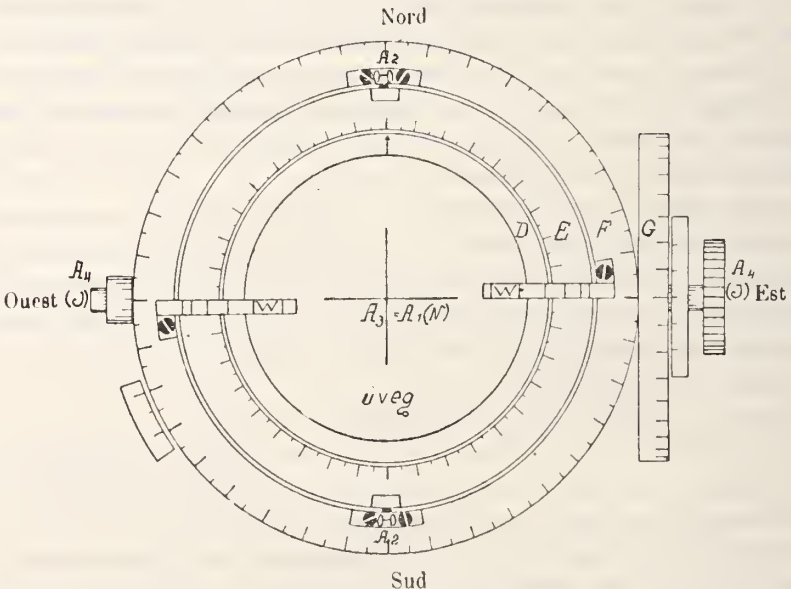
1. A kísérleti rész kiviteléhez olyan műszerre van szükségünk, mely a preparátumnak a tér minden irányába való elforgatását teszi lehetővé. Figyelmem kívül hagyva a régebbi szerkezeteket csak két ma használatosat említek meg. Ezek *a)* a *Teodolit-mikroszkóp* (synchron Nicol-forgatással), melyet C. LEISS és V. DE SOUZA-BRANDAO szerkesztettek és amelyet C. LEISS gyárt, *b)* a nagyméretű *Teodolit-asztalka*, amely megfelelő nagyobb közönséges polarizációs mikroszkóp asztalára szerelhető. A Teodolit-asztalkának mai nagy méreteiben való konstruktív kiképzése E. LEITZ- és M. BEREK-nek köszönhető; E. LEITZ és újabban R. WINKEL gyártják. A Teodolit-mikroszkóp speciálisan a FEDOROFF-módszerhez szolgál; a forgatható rész a statívval össze van építve; működése lényegében ugyanolyan mint a Teodolit-asztalkáé. Ez utóbbinak

⁵ A francia irodalom ikersík alatt az *összenövési* síkot érti. A következőkben mi is így értelemben használjuk az *ikersík* elnevezést.

centrális részét egy üvegkorong képezi, mely öt tengely körül forgatható; a kiindulási helyzetben három függőleges, kettő vízszintes és egyszersmind egy-



másra merőleges; ez utóbbiak párhuzamosak a Nicol-főmet-szetekkel, illetőleg a hajszál-kereszt ágaival. Az öt tengely közül az egyik (A_5) a rendes mikroszkóp-asztal forgási tengelye. A vízszintes és a függőleges tengelyeket, valamint az utóbbiakhoz tartozó limbusokat a kiindulási helyzetben a 16. ábra mutatja vázlatosan. A Teodolit-asztalka tengelyeinek és mérésre szolgáló részeinek fél-vázlatos képét felülnézetben a 17. ábra tünteti fel. A földpátok meghatározásánál csupán négy tengely szükséges: két tengely (A_1, A_2)



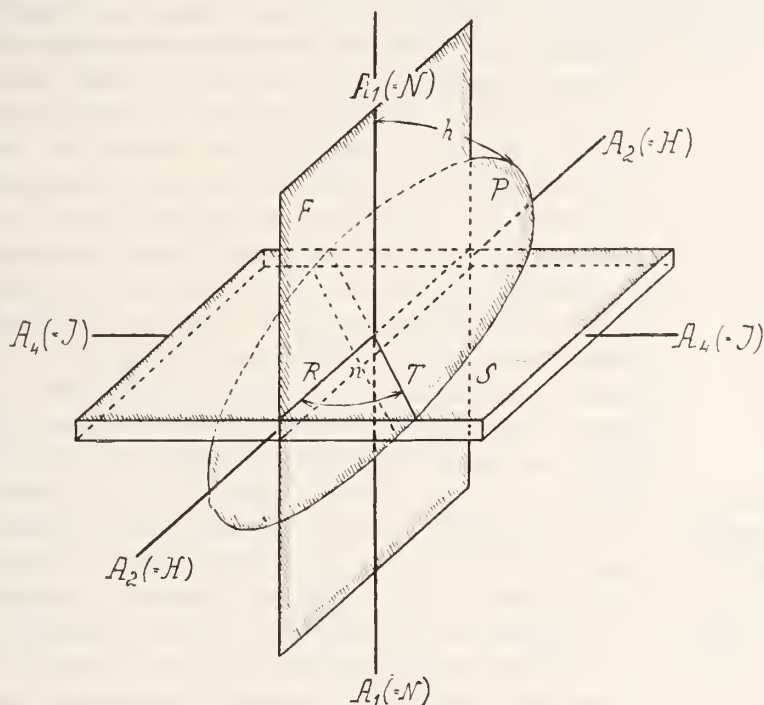
17. ábra. (DUPARC-REINHARD⁶ után.)

körüli forgatással történik a preparátum beállítása, a harmadik (A_4) segélyével a beállítás helyességét és az optikai tengelyek helyzetét állapítjuk meg s végül a negyedik tengely (A_5 = a mikroszkóp-asztal tengelyével) a preparátumnak a Nicolokhoz képesti elforgatására szolgál. Az elforgatások nagyságát A_1 - és A_3 -nál

* loc. cit., 11.

⁶ Schweiz. Min. u. Petrogr. Mitt., 3, 8., Mém. de la Soc. phys. et d' hist. nat., 40, 1, 75. A zárójelben lévő N, H, I betűk a DUPARC-REINHARD-féle munkákban használt és a későbbiek folyamán használandó jelzés.

E és F gyűrűs korongokon, A_2 -nél a WRIGHT-féle íveken (W, W), A_4 -nél pedig egy dobon (G) olvassuk le (l. a. 17. ábrát). A fémből való D gyűrűs korongba foglalt üvegorongra helyezett vizsgálandó preparátumot glicerín alkalmazásával két üvegfélgömb (= *sphaerikus szegmensek*) közé fogjuk. Ezek szerepét részletesen nem tárgyalhatom, hanem csupán annyit jegyzek meg, hogy az alsónak célja 1. a totálreflexió zavaró hatásának kiküszöbölése, 2. az, hogy a vizsgált ásvány belsejében szereplő effektív megfigyelési irány a megvilágítási



18. ábra. (DUPARC-REINHARD után.⁷)

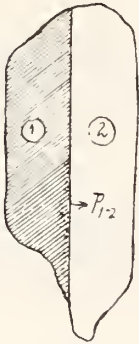
iránnyal össze essék, a felső pedig az, hogy a külső megfigyelési irány (a mikroszkóp optikai tengelyének iránya) az ásványban szereplő effektív megfigyelési iránnyal koincidáljon, illetőleg, hogy eme irányok közötti különbséget lehetőleg csökkentse. Az üvegfélgömbök törésmutatója: 1.556 (vagy ehhez közel álló érték) megegyezik a földpátok közepes törésmutatójával. A szerkezet hatása tehát közelítőleg olyan mintha egy földpátgömbbel dolgoznánk.

Az ellipszoidtengelyek illetőleg tengelysíkok térbeli helyzetét a következő módon állapítjuk meg:

A 18. ábrában S : az ásványból tetszőleges irányban készített metszet, P : két ellipszoidtengelyen átmenő sík, T : P -nek nyomvonala a preparátum síkján, F : egy fix sík (a hajszálkereszt N - S szálán és a mikroszkóp optikai tengelyén átmenő, illetőleg az egyik Nicol főmetszetével párhuzamos sík), melynek nyomvonala: R , h : P és a metszet normálisa által bezárt szög, n : T és R által bezárt szög.

⁷ loc. cit., 5, ill. 73. DUPARC-REINHARD a 18. ábrán h szögének pótszögét ($90^\circ - h$) jelöli tévedésből h -val.

A kiindulási helyzetben a preparátum síkja merőleges a mikroszkóp optikai tengelyére. Ha az n és h értékeket ismerjük, úgy ismeretes két ellipszoidtengelyen átmenő síknak = optikai szimmetria-síknak, illetőleg az erre merőleges harmadik ellipszoidtengelynek térbeli helyzete. Eme értékek nyerése céljából P síkot parallel állásba hozzuk F síkkal. Ezt P síknak kettős forgatásával érhetjük el: 1) a metszetet saját síkjában, tehát normálisa körül elforgatjuk n szöggel, amíg T összeesik R -rel, 2) a preparátum síkjában levő vízszintes H tengely körül h szöggel. P - és F -nek parallel volta arról ismerhető fel, hogy a preparátum akkor kioltást mutat s eme sajátosságát az F -re merőleges I tengely körüli forgatásnál megtartja. Eme helyzet megvalósításához szükséges elforgatások mértékét leolvasva ismeretesek a P -nek, illetőleg a P -re merőleges ellipszoidtengelynek (mely az elforgatások után az I tengellyel esik össze) sphaerikus koordinátái. A Teodolit-asztalkát a Nicol-főmetszetekhez képest 45° -os állásba hozva megállapíthatjuk az I tengellyel összeeső ellipszoidtengelynek abszolút optikai karakterét, illetőleg, ha e tengely n_m volna: az optikai tengelyek egyikének helyzetét. Az optikai tengelyek egyikét I körüli forgatással hozhatjuk a mikroszkóp optikai tengelyébe. A koincendencia akkor van megvalósítva, amidőn a 45° -os helyzetben világos lemez az említett forgatás közben, egy bizonyos helyzetben ismét elsötétedik. A vázolt módon meghatározzuk egy másik ellipszoidtengelynek n és h koordinátáit is, míg a harmadiknak helyzetét, amely a leggyakrabban, nagy hajlásánál fogva nem állítható be: a projekcióban konstruktív úton határozzuk meg. A krisztallográfiai elemeknek fixálása analóg módon történik. A preparátumot úgy forgatjuk el H és N tengelyek körül, hogy a hasadási lap, kristálylap vagy ikersík parallel legyen F síkkal. Ez akkor következik be, ha az említett krisztallográfiai elemnek a preparátum síkján levő nyomvonala parallel a N - S hajszállal és a legélesebbnek és legkeskenyebbnek látszik; ennek megítélése a módszer kivitelének legnehezebb része és nagy gyakorlatot kíván. A szükségelt elforgatások a krisztallográfiai elemnek sphaerikus koordinátáit adják.



19. ábra.

Egy tusnádfürdői amfibolandezit-bombából való földpátiker esetében, melyet a 19. ábrában tüntettem fel, az 1. és 2. egyénnek ellipszoidtengelyei és az ikersík (összenövésisík) pólusára vonatkozó koordináták, továbbá egy optikai tengely helyzetét jellemző szög a következők⁸:

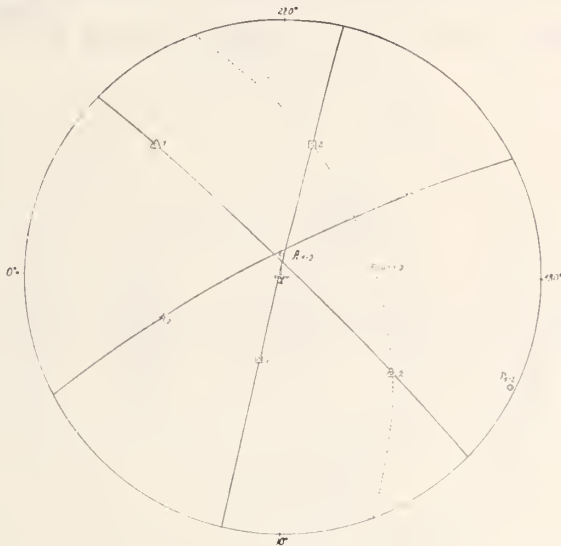
n	h	n	h	n	h
1. egyén: 315°	$19^{1/2} 0$	$I = n_g$	$75^{1/2} 0$	$52^{1/2} 0$	$I = n_p$ — —
2. egyén: 139°	31°	$I = n_g$	$257^{1/2} 0$	$34^{1/2} 0$	$I = n_p$ 21° $36^{1/2} 0$ $I = n_m$ opt. t.: $9^{1/2} 0$ $2V_2 = +79^\circ$
$P_{1,2} : 154^{1/2} 0 1^\circ$					

⁸A következőkben P_{1-2} jelenti az 1. és 2. egyén ikersíkjának (összenövési síkjának) pólusát.

A_{1-2} „ az 1. és 2. egyén által képezett iker tengelyének pólusát.

Fenti kísérleti adatok mellett a $2V$ értékét is fel szoktuk tüntetni, mely az I projekcióból olvasható le.

2.) A kristallográfiai és optikai elemek pólusait ezután az imént meghatározott koordinátáik felhasználásával a FEDOROFF, vagy még célszerűbben a WULFF-féle háló segítségével sztereografikus projekcióban ábrázoljuk.⁹ Utóbbi esetben át-tetsző papírosra rajzoljuk. Ama meggondolásból kiindulva, hogy hemitrop ikeknél az iker egyéneinek korrespondáló irányai egy, az iker-tengely pólusán átmenő meridiánkörön szimmetrikusan fekszenek: megszerkeszthetjük az iker-tengely pólusát (A_{1-2}) oly módon, hogy megrajzoljuk az $n_g^1 n_g^2$, $n_m^1 n_m^2$, illetve az $n_p^1 n_p^2$ ellipszoidtengelypárok pólusain¹⁰ átmenő meridiánköröket, melyeknek közös metszéspontja az említett pólust adja (= „I.“ projekció,



20. ábra.

20. ábra.)¹¹ A projekcióból, melyből példánkban kitűnik, hogy nem normál, hanem parallel hemitropiával vagy komplex-szel állunk szemben (P_{1-2} és A_{1-2} ugyanis nem esnek össze, hanem 90° -nyi ívtávolságra fekszenek egymástól) — leolvashatjuk (legkényelmesebben a WULFF-háló segítségével) az iker-elemek, esetleg egy vagy több hasadási lap pólusainak az ellipszoid tengelyei pólusaitól való ívtávolságát.

Ama célból, hogy egy kristálymetszet különböző pólusainak helyzetét egymásra vonatkoztatva kifejezhessük, az így nyert koordinátáknak előjelet

⁹ Ugyanerre a célra a NIKITIN-féle félgömböt is használhatjuk (DUPARC-REINHARD loc. cit. 23—25, ill. 85-86), mely különösen demonstratív célra nagyon alkalmas.

¹⁰ Az n_g , n_m , ill. n_p tengelyek pólusát Δ , \circ , ill. \square szimbólumokkal ábrázoljuk a projekcióban; a szimbólum melletti szám a megfelelő kristályegyen sorszámát jelzi.

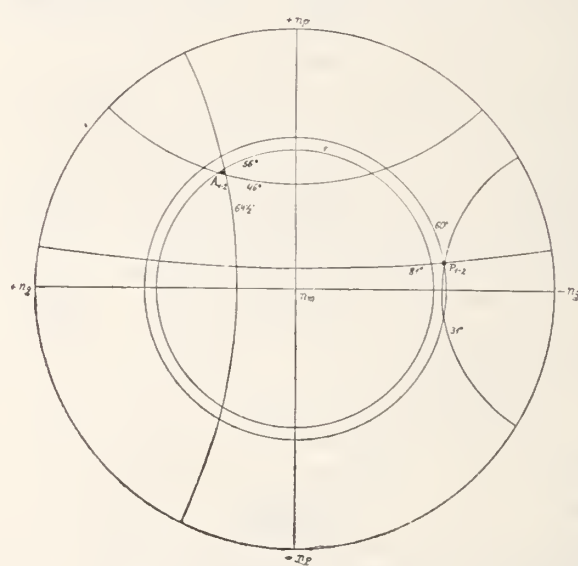
¹¹ Közös metszéspont helyett sokszor hibaháromszög adódik ki, melynek súlypontját, mint a keresett pólus legvalószínűbb helyét vesszük tekintetbe.

tulajdonítunk:¹² pozitívnak vagy negatívnak aszerint tekintjük, amint az *I*. projekcióban a kristallográfiai elem pólusa s az ellipszoid szóban levő tengelyének pólusa közötti ívtávolság kisebb vagy nagyobb 90°-nál; az utóbbi esetben az ívtávolságot annak szupplementásával fejezzük ki.

A tárgyalt példa esetében a következő koordinátákat nyertük az *I*. projekcióból:¹³

		n_g	n_p	n_m		
P_{I-2}	(1)	$-28^{1/2} 0$	$82^{1/2}$	$62^{1/2} 0$	¹⁴	
	(2)	33^0	-80^0	$-57^{1/2} 0$	¹⁵	
	m(1)	-31^0	81^0	60^0	¹⁶	(010) 47 ⁰ / ₀ An.
A_{I-2}	(1)	$64^{1/2} 0$	46^0	56^0		[010] 47 ⁰ / ₀ An.

} Karlsbad, 47⁰/₀ An.



21. ábra.

Eme új koordinátákkal, mint már említettem újabb projekcióban (=„II.“ projekció, 21. ábra) ábrázoljuk a kristálytani elemeknek (pl. P_{I-2} , A_{I-2}) az ellipszoid tengelyeihez való helyzetét. E projekció síkjául n_g n_p síkot választjuk. Ha e

¹² M. GYSIN : *Sur la présence de la macle de l'acine A dans les plagioclases*, Bulletin Suisse de Min. et Pétrogr., V, 130 (1925).

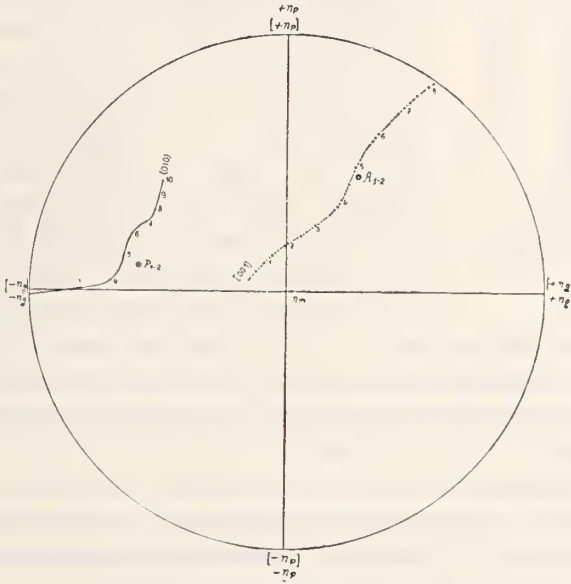
¹³ A következő összeállításban, ismétlések elkerülése végett egyidejűleg az interpretációs adatokat is feltüntettem a Genève-ben szokásos módon

¹⁴ Annak kifejezésére, hogy egy pólus koordinátáit az 1. vagy a 2., vagy összetett iker esetében az *n*. egyén ellipszoidtengelyeire vonatkoztatva mértük, a pólus szimbóluma után a megfelelő számjegyet zárójelben írjuk. Pl. A_{I-2} (1) azt jelenti, hogy az 1–2 iker tengelyének koordinátáit az 1. egyén ellipszoidtengelyeire vonatkoztatva mértük. GYSIN, loc. cit. 130.

¹⁵ Abszolút pontos megfigyelés és rajz esetében a P_{I-2} (2) koordináták abszolút értéke egyenlő volna a P_{I-2} (1) koordináták abszolút értékével.

¹⁶ Középtérték (m=moyenne); az előjelek az 1. egyén ellipszoidtengelyeire vonatkoztattak.

projekciót, melyet szintén áttetsző papírosra rajzolunk, a NIKITIN-, DUPARC-REINHARD- vagy a WÜLFING-féle diagrammra fektetjük — ügyelvén arra, hogy a projekció n_g illetőleg n_p átmérője a diagramm n_g illetőleg n_p átmérőjével essék mindig össze,¹⁷ — úgy a négy lehetséges helyzet valamelyikében valamennyi kristallográfiai elem pólusa, példánkban P_{1-2} és A_{1-2} , egyszerre fog incidálni a diagramm egy-egy görbéjének egy-egy pontjával (22. ábra¹⁸). A görbe mellé írt jel megmutatja, hogy melyik ikerelem pólusának vándorlását ábrázolja, szóval azt, hogy melyik ikertörvényről van szó, a görbe mentén feltüntetett számok pedig azt jelzik, hogy a görbének incidáló pontja milyen kémiai összetételnek felel meg. Példánkban P_{1-2} pont a (010) görbe 47-es



22. ábra.

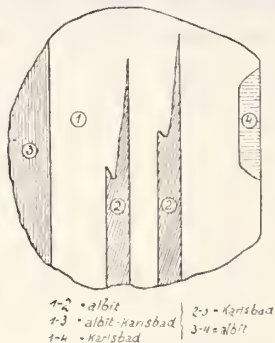
pontjával incidál ami azt jelenti, hogy (010) összenövési sikkal és 47% *Anorthit*-tartalommal van dolgunk. A_{1-2} pont a $[001]$ görbe 47-es pontjával incidál, ami azt jelenti, hogy az ikertengely= $[001]$ él-lel, tehát a szóban levő ikertörvény a *Karlsbad*-i törvény s a földpát 47% *Anorthit*-ot tartalmaz. Mint látjuk P_{1-2} és A_{1-2} interpretálása ugyanama összetételhez vezet. Ugyaneme összetételre vezet a $2V_2 = +79^\circ$ is.

Az I. projekcióban feltüntetett adatok az imént vázolt módon kívül, mely mód a legáltalánosabban és leginkább használt — még két más módon is

¹⁷ Mindegy, hogy a II. projekció n_g -illetőleg n_p tengelyének melyik felét vesszük pozitívnak (DUPARC laboratóriumában újabban a 21. ábrában alkalmazott jelzést követik), de egy és ugyanazon ikerpárnál a jelzésnek konzekvensnek kell maradnia. Már ezért sem kell a fedési műveletnél az előjelekre tekintettel lenni.

¹⁸ Eme ábrában az áttekinthetőség kedvéért a diagrammnak csupán ama két görbéjét tüntettem fel, amelyeknek egy-egy pontjával incidencia állott be példánkban. A []-ben levő előjelek a diagrammra vonatkoznak.

interpretálhatók. Ezekről röviden csak annyit jegyzek meg, hogy az egyik szerint: az *I.* projekcióból az ikerállásban levő egyének optikai tengelyei, illetőleg optikai tengelysíkjai által bezárt szöget olvassuk le s eme értékeket használjuk fel a földpát jellemzésére (mint a konoszkópikus módszernél), a másik szerint pedig: az *I.* projekció adatait a szükséges elforgatások megtétele után DUPARC-REINHARD ama diagrammjaival hasonlítjuk össze, amelyeknél a projekció síkja $\perp [100]$ -, $\perp [010]$ -, illetőleg $\perp [001]$ -re és amelyekben szintén az optikai elemeknek az összetétellel való vándorlása van feltüntetve.



23. ábra.

Kontrollnak alkalmazható: 1.-2. a legutoljára felemlített két interpretálási módszer, 3. a 2 V-ből levezethető adat, 4. *hasadási-lap* megfigyelése s végül a közelebbi precizizozásnak egy 5. lehetősége akkor áll elő, ha *összetett iker*rel van dolgunk.

Összetett iker-nél (23. ábra) valamennyi iker- és optikai elemre vonatkozólag elvégezzük a vázolt helyzetmeghatározást és pólusaikat a kísérletileg nyert koordinátáik (n , h), segélyével lehetőleg egy- és ugyanazon *I.* projekcióban ábrázoljuk. Minden ikerpárra nézve megszerkesztjük az ikertengely pólusát és végül valamennyi ikerpár ikerelemeinek pólusait feltétlenül egy- és ugyanazon *II.* projekcióban ábrázoljuk. Még nem régen eme *II.* projekciót úgy készítették, hogy egymástól függetlenül kezelték az egyes ikerpárok koordinátáit s ennél fogva ámbár egy és ugyanazon projekcióban tüntették fel a pólusokat, azok nem voltak egymással közelebbi vonatkozásban, s így a különböző ikerpárokra vonatkozó pólusok a projekció más-más helyzetében koincidáltak egy-egy görbének valamelyik pontjával. Nagy lépést jelent GYSIN-nek még nem publikált eljárása, melyet épen utóbbi oknál fogva részletesen nem tárgyalhatok. Ennél a *II.* projekció tengelyfelei előjelének bizonyos módosításai révén az összes adatokat egyetlenegy egyénre vonatkoztatjuk, ami által elérhető, hogy eme projekcióban szereplő valamennyi pólus a projekció egy és ugyanazon helyzetében koincidáljon egy-egy görbével. Ennek folytán tehát, ha valamelyik ikerpár esetében eredetileg két különböző helyzetben lett volna koincidencia s így kettős megoldáshoz jutottunk volna: most e kettő egyre redukálódik. Ugyanis a projekciónak ama helyzete lesz a helyes koincidencia-helyzet, amelyben a többi ikerpárhoz tartozó pólusokra nézve is koincidencia következik be.

Fedoroff módszer-ével:

	n_g	n_p	n_m		
P_{1-2} (1)	-15°	$+87^\circ$	$+73^\circ$	(010)	0% An
A_{1-2} (1)	$+75\frac{1}{2}^\circ$	-84°	$+18^\circ$	[001]	kb. 0% An
	$2V = +78^\circ$				

egyetlen megoldás = Karlsbadi-iker, kb. 0% An

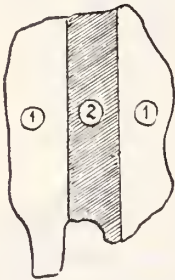
2. példa:

(010) metszet egy hasadással (001); sem repedések, sem zónás szerkezet nem észlelhetők (25. ábra.).

Rendes módszerek-kel:

$$\alpha = \pm 6^\circ$$

- megoldások: 1) plagioklász 20% An-tal,
2) plagioklász 37% „ „
3) orthoklász vagy mikroklin



26. ábra.

A törésmutatók értékei a 3) megoldást kiküszöbölik; a törésmutatók sommás mérése nem elegendő a 20%- és 37% An tartalmú plagioklász határozott megkülönböztetéséhez.

Fedoroff módszer-ével:

	n_g	n_p	n_m	
hasadás	61°	80°	31°	(001) 40% An körül
	$2V = +88^\circ$			

egyetlen megoldás.

3. példa: n_g -re \perp metszet (26. ábra.).

Rendes módszer-rel:

- 1 kioltása = $\pm 38^\circ$ ($1 = \perp n_g$)
2 „ = kb. $\mp 4^\circ$ ($2 = \text{ferde: } \perp n_m \text{ és } \perp n_p \text{ közötti}$)
- megoldások: 1) Manebach iker 61% An-tal,
2) Periklin iker kb. 75% An-tal.

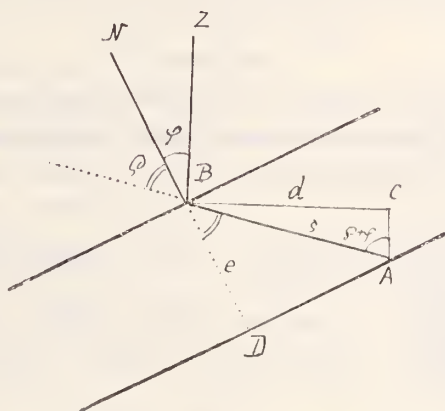
Fedoroff módszer-ével:

	n_g	n_p	n_m	
P_{1-2}	-45°	$+65^\circ$	$+55^\circ$	periklin 75% An
A_{1-2}	$+45^\circ$	$+61^\circ$	$+59^\circ$	[010] 76% An

egyetlen megoldás: periklin iker $75\frac{1}{2}\%$ An-körül.

A vékonycsiszolatban gyéren előforduló s kellőképen nem orientált földpátoknál a rendes módszerek teljesen cserbenhagyhatnak; ilyenkor a FEDOROFF-módszer az, amely eredményre vezet. Különös előnnyel alkalmazható a földpátmikrolitek meghatározásánál is. Példa gyanánt felemlitem egy abesszíniai Kenyit-nek anortoklász-mikrolitjeit, melyeket csak a FEDOROFF-módszerrel sikerült

L. DUPARC és E. MOLLY-nak identifikálni.²⁰ GYSIN-nek a FEDOROFF-módszerrel sikerült kimutatnia a Simplon déli lejtőjéről származó gneiszekben ikerképződést nem mutató *mikrolin*-t.²¹ Ez az egyetlen módszer, mely teljes és biztos eredményt szolgáltat, mely úgy a földpát összetételét, mint a szóban levő iker-törvényt biztosan megállapítja. „Semilyen más módszerrel nem oldható meg e kettős probléma.”²² A FEDOROFF-módszer alkalmas továbbá új *plagioklász-típusok* ellipszoidtengelyei és optikai tengelyei koordinátáinak megállapítására, valamint új *ikertörvények* felismerésére. GYSIN eme módszerrel mutatta ki effuzív kőzetekben az *aclin* A iker jelenlétét,²³ melynek létezését DUPARC és REINHARD már előbb elméletileg jelezték. Végül rámutatnak arra, hogy a FEDOROFF-módszer az egyetlen, amely egy plagioklász *kálitartalmá*-t gyanítani engedi.



27. ábra. (NIKITIN-DUPARC-DE DERVIES művéből.)

Az elmondottakat összefoglalva a következőket állapíthatjuk meg.²⁴ Mint-hogy a FEDOROFF-módszer a rendes módszereknél komplikáltabb és hosszadalmasabb: kurrens petrográfiai vizsgálatoknál, amelyeknél a közettípus felől gyorsan óhajtunk tájékozódást szerezni — nem helyettesítheti az utóbbiakat, ellenben elsőrendű fontosságú speciális precíziós földpátvizsgálatoknál, továbbá a rendes petrográfiai vizsgálatok kétes, vagy olyan eseteiben, amelyekben a rendes módszerek egyáltalában nem vezetnek eredményhez.

Ugyancsak a bevezetésben említettem már, hogy a FEDOROFF-féle módszer bármily nem opak ásvány optikai és kristálytani állandóinak, mint a tengely-

²⁰ GYSIN szóbeli közlése szerint. Lásd még L. DUPARC és E. MOLLY: Sur la présence de la Kényite sur le plateau abyssin, C. R. des séances de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève, 45, No. 1., 22—23. (1928.).

²¹ L'application des méthodes de FÉDOROW à l'identification d'un microcline non maclé, Compte Rendu des séances de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève 45, 1, 33—35. (1928.).

²² DUPARC-REINHARD, loc. cit. 142.

²³ Sur la présence de la macle de l'acline A dans les plagioclases, loc. cit. 128—146.

²⁴ V. ö. DUPARC-REINHARD, La déterm. des plagioclases, 142—143; SUSHCHINSKY & PUZYREV, Sur la méthode de définition des plagioclases d'après les procédés de FEDOROW et de FOUQUÉ (orosz nyelven), referátum: Min. Magazin 21, 421. [1928.].

szög valódi nagyságának, az ellipszoidtengelyek (a kristálytani elemekhez képesti) helyzetének, a főkettőtörések-, élszögek-, stb.-nek meghatározására használható. E megállapítással kapcsolatban a FEDOROFF-technikának még két módszerét óhajtánám röviden ismertetni.

Az egyik a csiszolat illetve az abban levő ásványmetszetek vastagságának meghatározására szolgál. E módszernél²⁵ egy hasadási- vagy kristálylapnak (s) a mikroszkóp optikai tengelyére merőleges síkra való projekciójának szélességét (d), melyet a csiszolatnak tetszés szerinti, de ismert (φ) hajlásánál észlelünk, valamint eme s lap s a csiszolat normálisa által bezárt szöget (ϱ) mérjük meg²⁶ (27. ábra). d mérésére csavaros okulár-mikrométert használunk. A mérést különböző (φ) hajlás mellett s több lapon megismételjük. A geometriai viszonyokból (a levezetést mellőzve) a következő összefüggés adódik ki:

$$e = \frac{d \cos \varrho}{\sin (\varrho - \varphi)} \quad (1)$$

Ha oly ásványról van szó, melynek törésmutatója lényegesen különbözik a sphaerikus üvegsegmensek törésmutatójától, akkor eme hajlásszögek korrigálандók; a korrigált érték egy FEDOROFF által javasolt diagrammból olvasható le²⁷ vagy a

$$\frac{\sin \alpha_{\text{ásv.}}}{\sin \alpha_{\text{segm.}}} = \frac{n_{\text{segm.}}}{n_{\text{ásv.}}} \quad (\alpha = \text{a hajlásszöggel } [\varphi \text{ és } \varrho])$$

képletből számítandó ki. A módszer pontosságának demonstrálására szolgáljanak egy tusnádfürdői andezitbombának egyik amfibolkristályára vonatkozó következő adataim:

d	$\varphi_{\text{corr.}}$	$\varrho_{\text{corr.}}$	e
0·0331 mm	—32°	25°	0·0358
0·0136 „	5°	25°	0·0361
0·0129 „	—11·5°	9½°	0·0356

} 0·0358 mm

NIKITIN egy diallag kristályra vonatkozólag a következő adatokat közli:²⁸

0·032	} 0·03086
0·0284	
0·0324	
0·0307	
0·0310	

A másik, NIKITIN-től származó módszer a törésmutatónak meghatározására szolgál²⁹ s azon alapszik, hogy a vékonycsiszolatban levő ásványoknak kanadabalzssammal telt hasadékaiban, minthogy a kanadabalzsam törésmutatója

²⁵ NIKITIN-DUPARC-DE DERVIES, loc. cit., 350—371.

²⁶ BZ parallel a mikroszkóp optikai tengelyével. ϱ és φ előjelére vonatkozólag lásd: NIKITIN-DUPARC-DE DERVIES, loc. cit., 351—352.

²⁷ NIKITIN-DUPARC-DE DERVIES, loc. cit., 147—150. és Atlasz, III. tábla.

²⁸ loc. cit., 356—357; az egyes értékek már maguk is számos megfigyelés középértéke.

²⁹ loc. cit., 214—237.

kisebb az ásványok nagyrésszének törésmutatójánál — a hasadékok határlapján totálreflexió léphet fel, mely az ásvány törésmutatójának meghatározására alkalmas. A 28. ábrában: $ab—cd$: az ásványmetszet parallel határlapjai, f : az n_e törésmutatójú anyaggal telt hasadék ($n_e < n_x$), n_x : az ásvány törésmutatója, n_1 : a metszettel határos közegnek,³¹ melyben a megfigyelést végezzük törésmutatója ($n_1 < n_x$), SR parallel a mikroszkóp optikai tengelyével.

A preparátumnak a mikroszkóp optikai tengelyére merőleges (a 28. ábrában a rajz síkjára merőleges) tengely (I) körüli forgatásánál: α beesési szögnél intern totálreflexió következik be, amely arról ismerhető fel, hogy a megfigyelt hasadék elsötétedik, illetőleg megvilágosodik. A geometriai viszonyokból következik, hogy

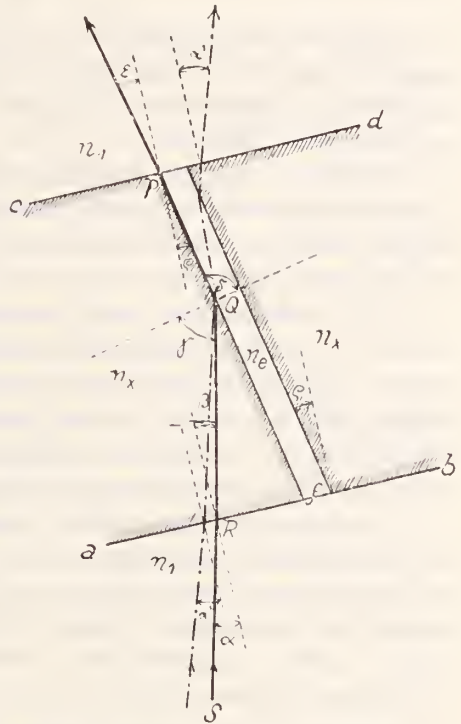
$$n_x = \sqrt{\frac{n_e^2 n_x^2 \sin^2 \alpha - 2 n_e n_x \sin \alpha \sin \varrho}{\cos \varrho}} \quad (2)$$

Tehát n_x kiszámításához ismerni kell a hasadék helyzetét a csiszolat síkjához képest (ϱ), ama beesési szöget (α) amely-nél az intern totálreflexió jelensége bekövetkezik illetőleg megszűnik,³² a megfigyelési közegnek és a hasadékot kitöltő anyagnak törésmutatóját (n_1 illetve n_e); utóbbi a legtöbb esetben kanadabalzsam (1.53—1.55).

A közvetlenül mért ϱ_1 érték nem adja meg a helyes ϱ -t az ásvány és az üvegfélgömbök törésmutatójának különbözősége miatt s így a (2) képlettel nyert n_{x1} érték is hibás lesz. Ha azonban a nyert n_{x1} segélyével akár az előbb említett FEDOROFF féle diagramm, akár a

$$\frac{\sin \varrho'}{\sin \varrho_1} = \frac{n_1}{n_{x1}}$$

képlet felhasználásával ϱ_1 -t korigáljuk azaz ϱ' értéket számítjuk ki, mely e módszernél gyakorlatilag egyenlőnek tekinthető ϱ -vel, úgy a ϱ' érték alapján a (2) képlettel kiszámított n_x már igen közeleső lesz a valódi értékhez. A fent megadott (2) képlet alapján n_x kiszámítása nagyon komplikált, miért is az



28. ábra. (NIKITIN-DUPARC után,³⁰)

³⁰ loc. cit., 214.

³¹ ez a levegő vagy az üvegfélgömbök; a közbeeső közegek hatása parallel voltuknál fogva eliminálódik.

³² A kísérleti kivetnél az elsötétült hasadékok újbóli megvilágosodását, tehát a totálreflexió jelenségének megszűnését figyeljük meg.

eredményt NIKITIN-DUPARC-DE DERVIES atlaszának megfelelő diagrammjából (VI. tábla) olvassuk le.

Minthogy a hasadékfalak nem abszolút sík felületűek, hanem egymáshoz hajló síkelemek komplexumából állanak: a totálreflexió a preparátum forgatásánál nem egyszerre szűnik meg; ennél fogva e módszerrel nyert eredmények kevésbé precízek. NIKITIN szerint:

az egyes megfigyelések maximális hibája: 0·02, valószínű hibája pedig 0·01; kettős megfigyeléseknél pedig a maximális hiba: 0·01, a valószínű hiba pedig 0·005.

Magam a következő értékeket nyertem egy ismeretlen lelhelyű olivin esetében (a módszer első alkalmazásánál) $n_g - n_p$ metszetén:

talált-	pontos érték:
$n_g = 1·68$	$(1·6894 - 1·7089)^{33}$
$n_p = 1·66$	$(1·6535 - 1·6720)^{33}$

Legjobb, ha a totálreflexió megszűnése kezdetének és végének megfelelő α értékek közepét vesszük. Ismert törésmutatójú folyadékok használata sokkal pontosabb eredményre vezet, mint eme módszer. Lefedett metszeteknél azonban ez utóbbi igen hasznos.

Hasadékok helyett felhasználhatjuk az ásványnak a preparátum szélén a kanadabalzsammal közvetlenül érintkező sík lapjait is. Ez esetben totálreflexió akkor is bekövetkezhetik, ha $n_e > n_x$, amidőn azonban a módszer még kevésbé érzékeny.

Végül megemlítem, hogy ismeretesek a FEDOROFF-féle technikának oly módszerei is (ú. n. „indirekt” módszerek), amelyek segítségével kristálytani irányok megfigyelésének és egyszersmind az optikai tengelyek beállításának lehetőségétől függetlenül, elvileg tetszés szerinti irányban kvantitatíve megállapíthatjuk az anizotrópia specifikus sajátosságait, amelyekből az ásványt jellemző optikai adatokat vezethetünk le.³⁴

Az elmondottakban röviden vázolni igyekeztem a FEDOROFF-féle technika jelentőségét s kimutatni azt, hogy e módszer a petrográfiának és általában a kristályoptikának fontos, exakt és nélkülözhetetlen eszköze. A kifejtettekből az is következik, hogy a földpátmeghatározás rendes módszereivel végzett régebbi meghatározások hibásak lehetnek, s hogy ezek rektifikálására a FEDOROFF-módszer hivatott.

Genève, 1928. március havában.

³³ WINCHELL, *Elements of opt.* min. (1909), 460.

³⁴ V. ö. BEREK, loc. cit., 108—127.