

FRANCESCO EMILIANI

RELAZIONI FRA COMPOSIZIONE CHIMICA
E PROPRIETA' OTTICHE NELLE MUSCOVITI (*)

Numerosi autori si sono occupati nel passato di indagare sulla composizione chimica delle muscoviti e di rilevare e schematizzare le relazioni intercorrenti fra composizione chimica e proprietà fisiche, con particolare riguardo alle proprietà ottiche. Basti ricordare fra questi Tschermak (14), Kunitz (7), Jakob (5), Hallimond (3), Winchell (16, 17), e, più recentemente, Volk (15) ed ancora Winchell (18). Volk proponeva, per il sistema della muscovite, l'uso di tre termini estremi:

| | |
|---------------------|------------------------------------|
| Muscovite potassica | $H_4K_2Al_6Si_6O_{24}$ |
| Fengite | $H_6K_2(Fe'', Mg)_2Al_4Si_6O_{24}$ |
| Muscovite ferrica | $H_4K_2Fe_2'''Al_4Si_6O_{24}$ |

attribuendo l'aumento degli indici di rifrazione all'aumento del contenuto in muscovite ferrica e la diminuzione dell'angolo degli assi ottici ad un aumento del contenuto in fengite.

Winchell (18), modificando in parte le sue precedenti trattazioni (16 e 17) propone per il sistema della muscovite 4 termini estremi:

| | |
|--------------------------|--|
| Muscovite vera e propria | $K_2Al_4(Si_6Al_2)O_{20}(OH)_4$ |
| Ferrimuscovite | $K_2Al_2Fe_2'''(Si_6Al_2)O_{20}(OH)_4$ |
| Ferrofengite | $K_2Fe''Al_3(Si_7Al)O_{20}(OH)_4$ |
| Pierofengite | $K_2Mg''Al_3(Si_7Al)O_{20}(OH)_4$ |

e ritiene di poter affermare che l'indice di rifrazione medio aumenta rapidamente all'aumentare del ferro ferrico (ferrimuscovite), mentre l'angolo degli assi ottici diminuisce nettamente all'aumentare del Mg e, anche più rapidamente, del ferro ferroso (fengiti).

(*) Lavoro eseguito nell'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Bologna coi contributi e le apparecchiature del Centro di Studi per la Petrografia del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

I dati ottici, ottenuti per estrapolazione, che Winchell riporta per i suoi termini estremi sono :

| | — 2V | α | β | γ | Piano assi ottici |
|----------------|------|----------|---------|----------|----------------------|
| Muscovite | 47° | 1,552 | 1,582 | 1,588 | ⊥ 010 |
| Ferrimuscovite | 38° | | ↖ 1,66 | | ⊥ 010 |
| Ferrofengite | 15° | | ↖ 1,61 | | ∥ 010 |
| Picrofengite | 25° | | ↖ 1,59 | | ⊥ 010 |

In realtà, la dipendenza dei valori degli indici di rifrazione (almeno per quanto riguarda β e γ) dal contenuto in Fe_2O_3 , messa in risalto da questi autori, risulta anche, come vedremo meglio in seguito, da un esame accurato dei dati della bibliografia; altrettanto non si può dire a proposito dell'influenza del contenuto in FeO ed MgO sul valore dell'angolo degli assi ottici, come si può notare anche osservando lo stesso diagramma riportato da Volk (fig. 2 bibl. 15).

Nel corso di un mio studio sulle muscoviti di ortogneiss pegmatitici della Val Venosta, di prossima pubblicazione, ho avuto occasione di notare, per muscoviti di composizione chimica notevolmente simile, variazioni sensibili dei valori di 2V (misurazioni effettuate a luce monocromatica con un conoscopio Fuess). Mi parve strano che la muscovite a contenuto massimo di Fe della serie presentasse per l'appunto, in contraddizione con quanto detto da Winchell e Volk (il contenuto in Mg può essere ritenuto praticamente costante), il massimo valore di 2V. Dato che tale muscovite era caratterizzata dal contenuto minimo di Ti per la serie, pensai che il Ti potesse influenzare il valore di 2V in modo così notevole da poter neutralizzare l'influenza di Fe e Mg. Riuscendo a stabilire questo, avrei potuto pure affermare la presenza del Ti come sostituyente nel reticolo delle mie muscoviti, dato che la notevole variabilità del contenuto in Ti, in contrasto con la minima variabilità degli altri elementi, aveva fatto sorgere in me il dubbio che tale elemento si trovasse, nei miei campioni, sotto forma di minutissime inclusioni di minerali suoi propri. Non mi riuscì di trovare sulla bibliografia dati o accenni al problema. Soltanto Stevens (13), nella sua proposta di un nuovo sistema di presentazione di analisi di miche in percentuali di termini estremi, include, nell'elenco di questi, vari termini tita-

niferi; non affronta però il problema delle relazioni con le proprietà ottiche.

La questione del ruolo del Ti nelle muscoviti, e più in generale nei silicati, dopo molte evoluzioni, è tuttora dibattuta; mentre Hallimond (3) riteneva che Ti abbia nel reticolo le stesse funzioni di Si, tanto da considerare insieme SiO_2 e TiO_2 nel suo schema di presentazione dei dati chimici, Winchell (16), nello stesso anno, in base a confronti fra analisi di biotiti, da cui fra l'altro risulta una notevole costanza nel contenuto di SiO_2 , escludeva che il Ti sostituisca il Si e pensava che possa invece sostituire il Mg o eventualmente l'Al. Machatschki (9), in un suo articolo sul ruolo del Titanio nei silicati, giungeva alla stessa conclusione basandosi specialmente sulla notevole costanza del rapporto $\text{SiO}_2:\text{TiO}_2$ nelle analisi di titaniti. Jakob e Parga Ponzal (6) esprimevano l'opinione che nelle flogopiti il Ti, tri- e tetra- valente, sostituisca il Mg e non il Si o l'Al. Kunitz (7) sosteneva invece che il Ti^{4+} si trovi sia in coordinazione 4 che in coordinazione 6, ma che la coordinazione più bassa sia preminente nei silicati, e particolarmente in granati, anfiboli e miche: l'entità della sostituzione sarebbe limitata dalla notevole differenza di raggio ionico. Secondo Goldschmidt (2), il Ti^{4+} , a causa del suo raggio ionico (0,64 Å) si troverebbe con l'ossigeno in esacordinazione (approssimativamente ottaedrica), mentre molto rara sarebbe la diadochia $\text{Ti}^{4+} - \text{Si}^{4+}$. Dello stesso parere si dichiara Stevens (13) il quale immagina che di tre ioni bivalenti (gruppo triottaedrico R^{2+}_{3}), due possono essere sostituiti da Ti^{4+} (gruppo diottaedrico $\text{Ti}^{4+}\text{R}^{2+}$); la sostituzione diretta di un trivalente col Ti^{4+} non è infatti concepibile in quanto ridurrebbe a meno di 2 le posizioni ottaedriche occupate, ciò che finora non è mai risultato; l'ingresso del Ti^{4+} potrebbe essere spiegato anche dal contemporaneo ingresso di Li^+ (per esempio gruppo triottaedrico $\text{Li}^+\text{Ti}^{4+}$) ma questo esorbita dal campo di studio delle muscoviti. Pure ammettendo la sola esacordinazione per il Ti^{3+} , Rankama e Sahama (12) ritengono invece che non si possa scartare completamente, alla luce delle attuali conoscenze di cristallografia, la teoria di Kunitz sulla diadochia $\text{Ti}^{4+} - \text{Si}^{4+}$. Infine Mason (10), che pure ritiene probabile che il Ti^{4+} sia catturato in pirosseni, orneblenda e biotite come sostituito di Al^{3+} in esacordinazione, ne esclude però la presenza nella muscovite, che si forma da un magma acido, impoveritosi in Ti per la precedente formazione di titanite.

Allo scopo di mettere in risalto l'eventuale influenza del contenuto in Ti sulle proprietà ottiche delle muscoviti, ho ritenuto opportuno di esaminare il maggior numero possibile di dati fisici e chimici di tali minerali. Nelle tabelle 1, 2, 3 e 4 sono riportati, per quattro serie di analisi, i valori di MgO, FeO, Fe₂O₃ e TiO₂, espressi in molecole %; di α , β e γ ; di 2V.

TAB. 1

Dati chimici (in mol. %) ed ottici di alcune Muscoviti studiate da Kunitz (7).
(sono riportati i dati delle muscoviti per le quali è stata fatta la determinazione del TiO₂).

| Località di provenienza | MgO | FeO | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | (-)2V | α | β | γ |
|-------------------------|------|------|--------------------------------|------------------|--------|----------|---------|----------|
| MK3 Miask | 0,57 | 0,84 | 0,81 | 0,27 | 44°,43 | 1,5581 | 1,5911 | 1,5965 |
| MK5 Siberia | 0,36 | 0,66 | 1,25 | 0,17 | 41°,77 | 1,5615 | 1,5954 | 1,6006 |
| MK6 Monte Crawford | 1,95 | 0,88 | 1,41 | 0,18 | 41°,10 | 1,5630 | 1,5982 | 1,6031 |
| MK9 Monti Uluguru | 1,46 | 1,84 | 2,12 | 0,77 | 38°,67 | 1,5703 | 1,6081 | 1,6132 |
| MK10 Dewalla | 1,12 | 1,51 | 1,96 | 0,60 | 39°,06 | 1,5681 | 1,6061 | 1,6108 |

TAB. 2

Dati chimici (in mol. %) ed ottici di muscoviti da pegmatiti, presentati da J. Jakob (5).

| Località di provenienza | MgO | FeO | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | α | β | γ | (-)2V |
|--|------|------|--------------------------------|------------------|----------|---------|----------|--------|
| MJ. 9 Laufenburg | 0,00 | 0,00 | 1,16 | 0,21 | 1,557 | 1,593 | 1,598 | 41°,33 |
| MJ. 10 Otjionbojo Africa S W | 0,00 | 1,26 | 0,64 | tracce | 1,553 | 1,584 | 1,590 | 46,33 |
| MJ. 11 Val del Molino | 1,57 | 0,48 | 0,81 | 0,40 | 1,544 | 1,592 | 1,599 | 41,40 |
| MJ. 12 Donkerhuk Africa S W Val Milera | 0,10 | 1,34 | 1,39 | 0,17 | 1,560 | 1,593 | 1,598 | 41,73 |
| MJ. 13 Morobbia Ticino | 0,13 | 0,45 | 1,80 | 0,20 | 1,557 | 1,594 | 1,599 | 40,50 |
| MJ. 14 Bellinzona | 1,26 | 0,61 | 1,66 | 1,03 | 1,557 | 1,594 | 1,598 | 36,17 |
| MJ. 15 Monte di Daro Bellinzona | 2,56 | 0,59 | 1,10 | 0,24 | 1,542 | 1,594 | 1,602 | 40,13 |
| MJ. 16 Gya-Bengala | 0,10 | 0,00 | 0,84 | 0,29 | 1,553 | 1,592 | 1,599 | 43,33 |
| MJ. 17 Val Somvix Grigioni | 0,86 | 1,55 | 0,68 | 0,20 | 1,556 | 1,597 | 1,603 | 42,00 |
| MJ. 18 Rossa - Valca- lanca - Ticino | 4,45 | 1,19 | 1,18 | 0,88 | 1,556 | 1,599 | 1,602 | 29,33 |

TAB. 3

Dati chimici (in mol. %()) ed ottici di muscoviti studiate da Volk (15)*

| | MgO | FeO | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | α | β | γ | (—)2V ^{Na} |
|------|------|------|--------------------------------|------------------|----------|---------|----------|---------------------|
| MV1 | 1,67 | 1,29 | 0,00 | 0,00 | 1,5602 | 1,5894 | 1,5943 | 44° |
| MV2 | 3,72 | 0,57 | 0,25 | 0,57 | 1,5677 | 1,5994 | 1,6035 | 38 |
| MV3 | 0,79 | 3,20 | 0,00 | 0,19 | 1,5637 | 1,5940 | 1,5988 | 39 |
| MV4 | 0,96 | 2,91 | 0,00 | 0,07 | 1,5649 | 1,5955 | 1,6010 | 42,5 |
| MV5 | 1,70 | 0,65 | 0,70 | 0,24 | 1,5592 | 1,6019 | 1,6066 | 40 |
| MV6 | 2,73 | 0,81 | 0,17 | 0,27 | 1,5544 | 1,5980 | 1,6034 | 41 |
| MV7 | 2,30 | 1,20 | 0,26 | 0,66 | 1,5625 | 1,5995 | 1,6042 | 37 |
| MV8 | 1,92 | 1,14 | 0,00 | 0,41 | 1,5577 | 1,5946 | 1,5987 | 39 |
| MV9 | 2,43 | 1,19 | 0,14 | 0,45 | 1,5457 | 1,5902 | 1,5951 | 39,8 |
| MV10 | 2,37 | 1,24 | 0,00 | 0,18 | 1,5511 | 1,5927 | 1,5985 | 41,8 |
| MV11 | 0,77 | 0,77 | 0,87 | 0,35 | 1,5591 | 1,6062 | 1,6113 | 37,5 |
| MV12 | 1,23 | 0,77 | 0,33 | 0,00 | 1,5569 | 1,5968 | 1,6029 | 43 |
| MV13 | 0,66 | 1,27 | 0,00 | 0,00 | 1,5574 | 1,5855 | 1,5910 | 45 |
| MV15 | 0,93 | 0,74 | 0,00 | 0,00 | 1,5587 | 1,5884 | 1,5937 | 45 |
| MV16 | 1,19 | 3,97 | 0,00 | 0,00 | 1,5616 | 1,5973 | 1,6026 | 41 |
| MV17 | 0,95 | 0,93 | 0,00 | 0,31 | 1,5738 | 1,5945 | 1,5989 | 44,3 |
| MV18 | 2,02 | 0,83 | 0,73 | 0,25 | 1,5669 | 1,6043 | 1,6100 | 41 |
| MV19 | 1,88 | 1,17 | 0,71 | 0,14 | 1,5711 | 1,6045 | 1,6091 | 43 |
| MV21 | 4,87 | 0,35 | 0,05 | 0,25 | 1,5512 | 1,5899 | 1,5943 | 38 |
| MV23 | 1,45 | 1,04 | 1,07 | 0,19 | 1,5647 | 1,6065 | 1,6114 | 37,5 |
| MV24 | 1,44 | 0,53 | 0,73 | 0,08 | 1,5667 | 1,6056 | 1,6110 | 38 |
| MV25 | 1,49 | 1,10 | 0,00 | 0,08 | 1,5603 | 1,5914 | 1,5973 | 43 |

(*) Da me ricalcolate dalle percentuali in peso riportate dall'autore

TAB. 4

Dati chimici (in mol. %) ed ottici di muscoviti studiate da Thelma Berggren (1) e Britta Lundblad (8).

| Campione | Località di provenienza | MgO | FeO | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | β | (—)2V ^{Na} Medio |
|----------|-------------------------|--------|------|--------------------------------|------------------|---------|---------------------------|
| ML1 | Varuträsk | 0,00 | 0,10 | 0,35 | 0,00 | — | 45° |
| ML3 | Varuträsk | tracce | 0,14 | 0,35 | 0,05 | — | 44° |
| ML4 | Varuträsk | 0,31 | 1,05 | 0,56 | 0,08 | 1,54 | 43° |
| ML2 | Varuträsk | 0,11 | 1,37 | 0,00 | 0,12 | 1,54 | 42° |

Da un accurato esame delle tabelle risulta che ad un aumento del contenuto in Fe_2O_3 corrisponde in generale un aumento, anche se irregolare, dei corrispondenti valori di β e γ ; l'irregolarità di tale interdipendenza potrebbe del resto essere in relazione con la difficoltà sperimentale, particolarmente notevole per le muscoviti, della distinzione fra Fe_2O_3 ed FeO . Non si riesce invece a stabilire una dipendenza di α dalla composizione chimica; ma a questo proposito mi pare che si debba mettere in risalto anche la difficoltà della determinazione sperimentale di α .

Interessante risulta il confronto dei dati dell'angolo degli assi ottici (2V) con la composizione chimica. Dall'esame dei dati di Kunitz risulta che i valori minimi di 2V si registrano per i campioni a massimo contenuto di FeO , Fe_2O_3 e TiO_2 . Più istruttivi, per le maggiori variazioni di composizione chimica, risultano i dati riportati da Jakob: il massimo valore di 2V corrisponde al campione MJ10 che pure ha un contenuto relativamente alto di FeO e Fe_2O_3 , ma contiene solo tracce di Ti; il campione MJ16, a bassissimo tenore di MgO ed FeO , è caratterizzato invece da un 2V notevolmente più basso (0,29% di TiO_2); il valore minimo di 2V (36°,17) si registra per il campione MJ14, il cui contenuto in FeO ed MgO non è molto alto, nettamente inferiore a quello di MJ15 (2V = 40°,13), ma che è caratterizzato dal massimo contenuto in TiO_2 per la serie.

Tra le muscoviti studiate da Volk (15), tutte quelle che contengono più di 0,40% mol. di TiO_2 (2-7-8-9) sono caratterizzate da $2V < 40^\circ$; in particolare la MV7, che ha il massimo contenuto in TiO_2 , presenta il valore minimo di 2V; considerando tutte le altre muscoviti di questa serie che presentano valori di 2V inferiori a 40° , si nota che la MV3 ha un alto contenuto in FeO ; la MV21 il massimo contenuto in MgO ; la MV23 il massimo contenuto in Fe_2O_3 e la MV24 pure un contenuto abbastanza alto in Fe_2O_3 . Infine le muscoviti di Volk che non contengono TiO_2 o che ne contengono solo tracce hanno tutte $2V > 43^\circ$, tranne la MV16, che presenta però il massimo contenuto in FeO per la serie e quindi non può essere considerata un'eccezione.

L'influenza del contenuto in TiO_2 sul valore di 2V risulta evidente pure dall'esame della tabella 4 (2V al tavolino universale).

Senza più dilungarmi credo di poter affermare, in base a questi confronti ed altri che si potrebbero fare, che il valore di 2V è influenzato in modo preminente dal contenuto in TiO_2 e subordinatamente, nell'ordine, di Fe_2O_3 , FeO ed MgO , mentre l'influenza degli altri ossidi sembrerebbe minima, comunque non rilevabile. In realtà più che di

influenza dei vari ossidi o di vari termini puri mi pare che sia più significativo parlare di influenza degli ioni (nel caso particolare Ti^{4+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} ed Mg^{2+}) che entrano nel reticolo della muscovite come sostituenti dei suoi ioni caratteristici.

Allo scopo di esprimere approssimativamente in modo quantitativo l'influenza della composizione chimica sul valore dell'angolo degli assi ottici, ho cercato, basandomi sui dati di Volk, di ricavare una formula empirica che permetta di ottenere il valore di $2V$ dai dati dell'analisi chimica. La formula che propongo è la seguente:

$$2V = 47^\circ - 65 C_{Ti^{4+}} - 15 C_{Fe^{3+}} - 10 C_{Fe^{2+}} - 6 C_{Mg^{2+}}$$

dove 47° rappresenta il valore di $2V$ proposto da Winchell per la muscovite pura e $C_{Ti^{4+}}$, $C_{Fe^{3+}}$, $C_{Fe^{2+}}$ e $C_{Mg^{2+}}$ sono i coefficienti che risultano per Ti^{4+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} ed Mg^{2+} quando si ricavano le formule delle muscoviti ponendo la somma degli equivalenti dei cationi (o degli anioni) uguale a 44.

TAB. 5

Confronto fra i valori sperimentali e calcolati di $2V$ per le muscoviti di Volk. ($2V$ valore sperimentale, $2V'$ valore calcolato dalla formula empirica da me proposta, $2V''$ valore calcolato dalla formula $\operatorname{tg}^2 V = \frac{1/\alpha^2 - 1/\beta^2}{1/\beta^2 - 1/\gamma^2}$)

| | | $2V$ | $C_{Ti^{4+}}$ | $C_{Fe^{3+}}$ | $C_{Fe^{2+}}$ | $C_{Mg^{2+}}$ | $2V'$ | $2V''$ | $\Delta V' = 2V - 2V'$ | $\Delta V'' = 2V - 2V''$ |
|------|------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|--------|------------------------|--------------------------|
| M 1 | 44° | 0,000 | 0,00 | 0,17 | 0,22 | 44° | 51° | 0° | -7° | |
| M 2 | 38 | 0,073 | 0,06 | 0,07 | 0,48 | 37,8 | 39 | 0,2 | -1 | |
| M 3 | 39 | 0,025 | 0,00 | 0,42 | 0,10 | 40,6 | 43 | -1,6 | -4 | |
| M 4 | 42,5 | 0,009 | 0,00 | 0,40 | 0,13 | 41,6 | 45,3 | 0,9 | -2,8 | |
| M 5 | 40 | 0,031 | 0,18 | 0,08 | 0,22 | 40,2 | 36,1 | -0,2 | 3,9 | |
| M 6 | 41 | 0,035 | 0,04 | 0,11 | 0,36 | 40,9 | 37,7 | 0,1 | 3,3 | |
| M 7 | 37 | 0,092 | 0,07 | 0,17 | 0,32 | 35,9 | 38,7 | 1,1 | -1,7 | |
| M 8 | 39 | 0,062 | 0,00 | 0,14 | 0,29 | 39,5 | 36 | -0,5 | 3 | |
| M 9 | 39,8 | 0,06 | 0,04 | 0,16 | 0,32 | 39 | 36,5 | 0,8 | 3,3 | |
| M 10 | 41,8 | 0,022 | 0,00 | 0,16 | 0,30 | 42,1 | 40 | -0,3 | 1,8 | |
| M 11 | 37,5 | 0,044 | 0,22 | 0,10 | 0,10 | 39,2 | 35 | -1,7 | 2,5 | |
| M 12 | 43 | 0,087 | 0,09 | 0,10 | 0,16 | 43,7 | 41,8 | -0,7 | 1,2 | |
| M 13 | 45 | 0,000 | 0,00 | 0,16 | 0,08 | 44,9 | 47,4 | 0,1 | -2,4 | |
| M 15 | 45 | 0,000 | 0,00 | 0,10 | 0,12 | 45,3 | 45 | -0,3 | 0 | |
| M 16 | 41 | 0,000 | 0,00 | 0,52 | 0,15 | 40,9 | 40,7 | 0,1 | 0,3 | |
| M 17 | 44,3 | 0,040 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 42,5 | 48,5 | 1,8 | -4,2 | |
| M 18 | 41 | 0,034 | 0,20 | 0,12 | 0,28 | 38,9 | 41,5 | 2,1 | -0,5 | |
| M 19 | 43 | 0,019 | 0,19 | 0,15 | 0,25 | 39,9 | 40,1 | 3,1 | 2,9 | |
| M 21 | 38 | 0,031 | 0,01 | 0,04 | 0,61 | 38,9 | 36,7 | -0,9 | 1,3 | |
| M 23 | 37,5 | 0,025 | 0,28 | 0,14 | 0,19 | 38,6 | 37,4 | -1,1 | 0,1 | |
| M 24 | 38 | 0,011 | 0,21 | 0,08 | 0,21 | 41,1 | 39,2 | -3,1 | -1,2 | |
| M 25 | 43 | 0,012 | 0,00 | 0,15 | 0,20 | 43,5 | 46,3 | -0,5 | -3,3 | |

Dalla tabella 5 in cui sono riportati, per le muscoviti di Volk, i valori di $C_{\text{Ti}^{4+}}$, $C_{\text{Fe}^{3+}}$, $C_{\text{Fe}^{2+}}$, $C_{\text{Mg}^{2+}}$ ed i valori di $2V$ ottenuti dalla formula, messi a confronto con quelli sperimentali riportati da Volk, si rileva che per 14 delle muscoviti la differenza fra i valori calcolati e quelli sperimentali ($\Delta V'$) non supera un grado, mentre per tre soltanto (MV18, MV19, ed MV24) supera i due gradi.

Il valore eccezionalmente basso di $2V$ (26-28°) trovato da Postel e Adelhelm (11) per la « mica bianca » di Wissahickon potrebbe essere anche esso spiegato dal contenuto eccezionalmente alto in TiO_2 (2,04% in peso) piuttosto che, come ritengono questi autori, da una marcata influenza concomitante di un alto contenuto in Fe^{3+} e di un basso contenuto in Fe^{2+} ed Mg^{2+} . Postel ed Adelhelm (11) riferiscono che roentgenogrammi di Laue eseguiti sulla « mica bianca » di Wissahickon con incidenza normale al piano di sfaldatura mostrano linee radiali (« asterismo ») (4).

Ho voluto eseguire a mia volta due Lauediagrammi con incidenza normale al piano di sfaldatura su campioni delle muscoviti di Val Venosta già menzionate, l'una titanifera, l'altra contenente poco più che tracce di Ti. Riporto tali diagrammi astenendomi per ora dal fare considerazioni che potrebbero essere affrettate, ma ritengo che uno studio roentgenografico approfondito possa portare luce sul problema ancora non completamente risolto delle funzioni del Ti^{4+} nel reticolo delle muscoviti.

Concludendo ritengo di poter affermare, per le muscoviti, quanto segue:

1, l'angolo degli assi ottici decresce all'aumentare del contenuto in TiO_2 e, subordinatamente ed in ordine decrescente, di Fe_2O_3 , FeO ed MgO ; ciò prova la presenza del Ti come sostituyente nel reticolo delle muscoviti;

2, gli indici di rifrazione massimo e medio aumentano, benchè in modo irregolare, al crescere del contenuto in Fe_2O_3 (non è stato possibile individuare la causa di tale irregolarità).

Non sembra possibile rilevare una relazione fra la composizione chimica ed i valori dell'indice di rifrazione minimo, forse perchè le influenze dei singoli ioni sostituenti, agendo in senso opposto, si mascherano a vicenda e forse anche, come è già stato detto, per la difficoltà della misura di α ; ciò può sembrare in contraddizione con quanto detto ai punti 1 e 2, ma va rilevato che, come è noto e come è espresso dalla

formula classica riportata e, più evidentemente, dalla formula approssimata di Wright (19)

$$\cos 2V = \frac{\varepsilon - \delta}{\varepsilon + \delta}$$

dove $\varepsilon = \gamma - \beta$ e $\delta = \beta - \alpha$

l'angolo degli assi ottici dipende in primo luogo dalla differenza fra le birifrangenze parziali ($\gamma - \beta$) e ($\beta - \alpha$) divisa per la birifrangenza massima, piuttosto che dai valori effettivi di α , β e γ . Del resto, a questo proposito va pure messo in risalto il fatto che, almeno per i dati di Volk, come risulta dalla tabella 5, l'accordo fra i valori sperimentali di $2V$ e quelli calcolati in base ai valori degli indici α , β e γ , è tutt'altro che buono.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BERGGREN T., *Minerals of the Varuträsk Pegmatite. XV. Analysis of mica minerals and their interpretation* - Geol. För. Förh. 1940, 182.
- (2) GOLDSCHMIDT, V. M., *Geochemistry* (edited by Alex Muir) - Oxford, at the Clarendon Press (1954), p. 411.
- (3) HALLIMOND, A. F., *On the chemical classification of the mica group. I. The acid micas* - Mineral. Mag. 20 (1925), 306.
- (4) HENDRICKS, S. B. e JEFFERSON, M. E., *Polymorphism of the Micas, with optical measurements* - Am. Mineral. 24 (1939), 729.
- (5) JAKOB, J., *Beiträge zur chemischen Konstitution der Glimmer: II. Die Muskovite der Pegmatite* - I Teil-Zeits. Krist. 62 (1925), 445.
- (6) JAKOB J. e PARGA PONDAL, I., *Beiträge zur chemischen Konstitution der Glimmer. X Mitteilung: Ueber die Rolle des Titans in den Phlogopiten* - Zeits. Krist. 82 (1935), 271.
- (7) KUNITZ, W., *Die Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung und den physikalisch-optischen Eigenschaften innerhalb der Glimmergruppe*. - Neues Jahrb. Min. B.B. 50 (1924), 365.
- (8) LUNDBLAD B., *Minerals of the Varuträsk Pegmatite - XXXII Optical properties of the analysed micas from Varuträsk* - Geol. För. Förh. 64 (1942), 55.
- (9) MACHATSCHKI F., *Ueber « Titanolivin » - Ein Beitrag zur Frage der Rolle des Titans in Silikaten* - Cent. Min. 1930, 191. *Die Formel des Astrophyllites und seine Beziehungen zu den Glimmern* - Cent. Min. 1930, 255.
- (10) MASON B., *Principles of Geochemistry* - John Wiley and Sons, Inc., New York 1952, (p. 117).
- (11) POSTEL A. W. e ADELHELM, W., *White mica in the Wissahickon Complex* - Am. Mineral. 29 (1944), 279.

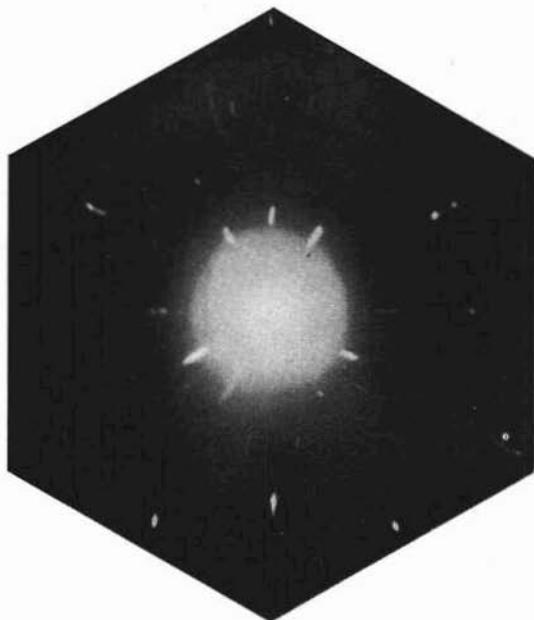


Fig. 1. — ME 2 (TiO_2 0,51% mol.) Incidenza normale a (001)

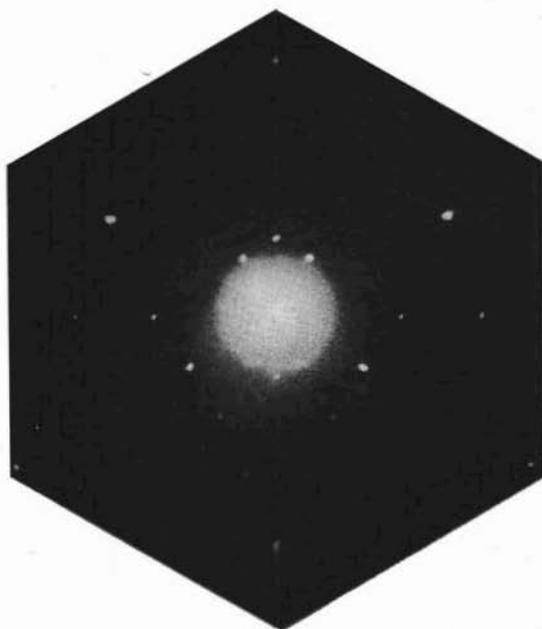


Fig. 2. — ME 4 (TiO_2 0,05% mol.) Incidenza normale a (001)

- (12) RANKAMA, K. e SAHAMA, TH. G., *Geochemistry* - The University of Chicago Press 1949, p. 560-61.
- (13) STEVENS, R. E., *A system of calculating analysis of micas and related minerals to end members* - U. S. Geol. Sur. Bull. 950. (1942-1945) p. 101.
- (14) TSCHERMAK G., *Die Glimmergruppe*. II. Teil - Zeits. Krist. 3 (1879) 122.
- (15) VOLK, G. W., *Optical and chemical studies of muscovite* - Am. Mineral. 24 (1939), 255.
- (16) WINCHELL, A. N., *Studies in the mica group* - Part II - The Heptafillite System - Am. J. of Sc. IX (1925), 415.
- (17) WINCHELL, A. N., *Studies in the mica group* (Riassunto) - Am. Mineral. 10 (1925) 52.
- (18) WINCHELL, A. N. - (coll. WINCHELL, H.), *Elements of Optical Mineralogy* - IV Ed. - John Wiley and Sons, Inc., New York - Part II, p. 367.
- (19) WRIGHT, F. E., *Computation of the axial angle from the three principal refractive indices* - Am. Mineral. 36 (1951) 543.