

FRANCESCO EMILIANI

STUDI CRISTALLOCHIMICI SULLE MICHE

II. *Ricerche chimiche ed ottiche su alcune muscoviti di ortogneis pegmatitici di Tarres (Val Venosta) (\*)*.

**Riassunto.** — Oltre alle analisi chimiche complete di tre campioni di muscoviti dell'ortogneis pegmatitico di Tarres (Val Venosta) ed ai relativi valori degli indici di rifrazione, vengono riportati numerosi dati di 2E e delle corrispondenti percentuali in  $TiO_2$ . Da questi dati risulta una ulteriore conferma della influenza, da me già rilevata per altri campioni, della diadochia del titanio sull'angolo degli assi ottici per le muscoviti; anche per la formazione di Tarres viene inoltre provata la diversa concentrazione in  $TiO_2$  per pacchetti di muscoviti assai vicini fra loro.

**Summary.** — Besides complete chemical analysis of three samples of muscovite from the Tarres pegmatitic ortogneis (Val Venosta) and correspondent items of the refraction indices, various data are related for 2E and correspondent percentages in  $TiO_2$ . From these data there comes a further confirmation of the influence, already stated by me on account of other samples, of the titanium diadochy over the optic angle with reference to muscovites; for the Tarres formation as well, besides, a different concentration in  $TiO_2$  is proved for single plates of muscovite very closely set in the same sample.

In occasione del XII Congresso della Società Mineralogica Italiana (2) ebbi occasione di far rilevare come, da un accurato esame di un grande numero di dati chimici ed ottici, risulti evidente, per le muscoviti, la notevole influenza del contenuto in Ti sul valore dell'angolo degli assi ottici. Analoghe considerazioni ho potuto fare in base ai dati chimici ed ottici da me ottenuti per muscoviti di località varie di Val Venosta (3); questi ultimi dati mi hanno permesso inoltre di notare che lamine di muscovite, disposte in un ortogneis pegmatitico a distanza di pochi centimetri le une dalle altre, sono talvolta caratterizzate da valori sensibilmente diversi dell'angolo degli assi ottici: dosaggi chimici hanno dimostrato che lamine a diverso angolo degli assi ottici hanno

---

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

pure diverso contenuto in Ti e che ad una maggiore concentrazione di tale elemento corrisponde un più basso valore di 2 E (misurato al conoscopio).

Ho voluto quindi ampliare ed integrare le mie ricerche prendendo in esame un buon numero di campioni raccolti in una zona piuttosto ristretta, estendendo ad un grande numero di lamine le misure di 2 E ed il dosaggio del Ti.

I campioni sono stati raccolti, pur in una zona relativamente ristretta, con l'intendimento di avere una serie il più possibile rappresentativa, per dimensioni ed aspetto, delle muscoviti della formazione. Questi campioni vengono indicati, in base alla convenzione adottata nel mio lavoro precedente (3) intercalando e proseguendo nella numerazione con Mu 7, Mu 10, Mu 10', Mu 11, Mu 12, Mu 13, Mu 14. L'analisi chimica completa è stata eseguita soltanto per i campioni Mu 7, Mu 12, ed Mu 13, dei quali sono stati misurati pure i tre indici di rifrazione. Per tutti i campioni, oltre allo studio delle inclusioni, sono stati eseguiti, su numerose lamine, la determinazione dell'angolo degli assi ottici nell'aria ed il dosaggio del  $TiO_2$  sulle singole lamine, o su gruppi di lamine a 2 E costante in un intervallo di  $\sim 1^\circ$ .

### **Descrizione dei campioni.**

Mu 7 - Campione di ortogneis pegmatico a quarzo, feldispati, muscovite e biotite raccolto dal Prof. Andreatta nella massa lenticolare affiorante a SE di Tarres, sul versante sinistro della valletta omonima, presso q. 963. La muscovite si presenta in pacchetti di lamine di dimensioni variabili (spessore massimo dei pacchetti mm. 5, superficie massima delle lamine  $cm^2$  4) di colore marrone chiaro nei massimi spessori, quasi incolore in spessori minori.

Mu 10 - Campione di ortogneis pegmatitico a quarzo, feldispati, muscovite e biotite, raccolto poco a NW del precedente sulla mulattiera a SE di Tarres, a 50 m dall'abitato. Muscovite in pacchetti (spessore massimo di 2 mm) di lamine rotondeggianti a superficie massima di  $cm^2$  0,15 di colore bianco argenteo con viva lucentezza.

Mu 10' — Campione di ortogneis pegmatitico, raccolto a pochi metri di distanza dal precedente, con gli stessi componenti mineralogici, ma a grana notevolmente maggiore. Muscovite in pacchetti di lamine a contorno irregolare di dimensioni variabili (spessore inferiore a 5 mm, superficie generalmente inferiore a  $cm^2$  1) di colore bianco argenteo.

Mu 11 — Campione di ortogneis pegmatitico a quarzo, feldispati, muscovite e biotite raccolto in prossimità della mulattiera a 700 m a SE dall'abitato. Muscovite in spessi pacchetti (fino a mm 10 di spessore) di lamine a superficie massima di  $\text{cm}^2$  15 con contorno prevalentemente irregolare, ma talvolta tendente all'esagonale; colore bruno chiarissimo in forte spessore.

Mu 12 — Campione di ortogneis pegmatitico a quarzo, feldispati, muscovite e biotite a grana piuttosto grossa raccolto a 900 m a SE dell'abitato. Muscovite in pacchetti di spessore non superiore a mm 10 di lamine a superficie massima di  $\text{cm}^2$  6; colore grigio bruno chiarissimo in forte spessore.

Mu 13 — Campione di ortogneis pegmatitico raccolto a 1500 m. a S-E dell'abitato in prossimità del contatto con i parascisti incassanti, caratterizzato da un aspetto notevolmente diverso da quello dei precedenti e del seguente. La muscovite si presenta in pacchetti di lamine di dimensioni variabilissime, ma prevalentemente piccole, generalmente piuttosto contorte; è poco sfaldabile e molto fragile, di colore bianco argenteo con viva lucentezza madreperlacea. Avvicinandosi alla salbanda i pacchetti tendono ad allungarsi per effetto dello scivolamento delle lamine le une sulle altre fino ad assumere un aspetto nastriforme; si nota inoltre una evidente orientazione preferenziale probabilmente dovuta alle azioni tettoniche che hanno portato allo scorrimento delle lamelle esercitando anche talvolta una debole azione milonitica.

Mu 14 — Campione di ortogneis pegmatitico a quarzo, feldispati, muscovite e biotite a grana grossa (massima per la zona) raccolto vicino al precedente a 1500 m a SE del paese. Muscovite in lamine di dimensioni variabili fino a raggiungere la superficie di  $\text{cm}^2$  20 in pacchetti di spessore superiore a mm 10; colore bruno chiarissimo.

### **Inclusioni.**

Mu 7 — *Magnetite*: in cristalli a contorni irregolari, allungati e serpeggianti, con le caratteristiche fessure a  $60^\circ$  (4); più frequentemente sotto forma di piccolissimi cristalli rotondeggianti o talora perfettamente esagonali, spesso contornati da sbavature di idrossidi.

*Biotite*: abbondante, in lamine piuttosto estese, sottilissime, intercalate alle lamine di muscovite, a contorno irregolare o a spezzata con angoli di  $60^\circ$ ; più frequenti piccole laminette più spesse a contorno romboidale (angoli di  $120^\circ$ ) molto allungate fino a nastriformi. Si è no-

tata un'inclusione di biotite con piani di sfaldatura non paralleli a quelli della muscovite.

Mu 10 — *Magnetite*: rarissima, in granuli irregolari estremamente piccoli.

*Biotite*: in piccole laminette molto sottili a contorno del tutto irregolare; al margine delle lamine di muscovite si incontra qualche cristallo di biotite con linea di separazione netta, talvolta rettilinea.

Mu 10' — *Magnetite*: rarissima, in minuti cristallini rotondeggianti a contorno irregolare.

*Biotite*: piuttosto frequente, in lamine poco estese ed estremamente sottili a contorno irregolare, spesso allungate e ramificate.

Mu 11 — *Magnetite*: non molto frequente, in piccoli granuli rotondeggianti a contorno irregolare, generalmente appiattiti ed in parte traslucidi; si rileva pure qualche cristallo un pò più grande a contorno rettilineo a spezzata con angoli di 120° o anche a contorno irregolare, ma con le caratteristiche fessure.

*Biotite*: frequentissima in piccolissime lamine relativamente spesse con contorno esagonale o, più spesso, rombico e romboidale anche estremamente allungato; talvolta in lamine più estese ma estremamente sottili, a contorno quasi sempre curvilineo irregolare; si è notato anche qualche incluso a contorno rotondeggiante, di spessore così notevole da risultare quasi opaco, sfaldabile insieme alla muscovite (7).

Mu 12 — *Magnetite*: piuttosto rara, quasi esclusivamente in granuli a contorni rotondeggianti irregolari; si è notato qualche cristallo, estremamente piccolo, a contorno esagonale in parte cancellato con evidente tendenza a divenire rotondeggiante.

*Biotite*: molto frequente, specialmente in lamelle poco estese, sottili, prevalentemente a contorno rombico o romboidale, talvolta molto allungato; in una inclusione a contorno rotondeggiante si rilevano i piani di sfaldatura, che sarebbero quindi inclinati rispetto a quelli della muscovite.

Mu 13 — Non si riesce ad individuare nessuna inclusione di dimensioni sufficienti per permetterne l'identificazione.

Mu 14 — *Magnetite*: estremamente rara nelle lamine più estese, relativamente frequente nelle altre sotto forma di piccoli granuli irregolari concentrati a chiazze; talvolta anche in granuli più estesi, sempre a contorno irregolare, ma tanto appiattiti da apparire traslucidi; su una trentina di preparati, in un solo cristallo incluso si sono osservate le fessure ottaedriche ed il contorno a spezzata con angoli di 120°.



*Biotite*: piuttosto rara, quasi esclusivamente in lamine estese e sottilissime a contorno almeno parzialmente rettilineo a spezzata con angoli di 120°; nelle lamine più estese, anche sotto forma di laminette a contorno esagonale rombico e romboidale, fino a nastriforme.

### Studio chimico.

L'analisi chimica delle muscoviti Mu 7, Mu 12 ed Mu 13, condotta su lamine accuratamente scelte in modo da evitare materiale contenente inclusioni rilevabili al microscopio, ha presentato le difficoltà già menzionate nel mio precedente lavoro ed è stata portata a termine seguendo i metodi standard consigliati per i silicati e per le muscoviti in particolare (5), (6). Senza dubbio la determinazione più ardua è risultata quella di FeO e ritengo che i dati da me ottenuti possano essere in difetto sia per un eventuale incompleto attacco da parte dell'acido fluoridrico, sia soprattutto per l'inevitabile ossidazione durante tale attacco, che ho dovuto protrarre sempre per oltre tre ore.

I dati dell'analisi dei tre campioni, media di almeno due determinazioni, sono riportati in tabella 1.

TABELLA 1

*Risultati delle analisi chimiche.*

	% in peso			% mol.		
	Mu 7	Mu 12	Mu 13	Mu 7	Mu 12	Mu 13
SiO <sub>2</sub>	45,26	44,69	47,06	49,10	48,81	51,41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,10	35,86	36,94	23,07	23,07	23,71
TiO <sub>2</sub>	0,28	0,32	0,23	0,23	0,26	0,19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,07	1,53	0,47	0,43	0,56	0,19
FeO	0,45	0,62	0,24	0,41	0,63	0,22
MgO	1,01	1,02	0,45	1,64	1,66	0,73
MnO	0,01 <sub>2</sub>	0,02 <sub>0</sub>	0,00 <sub>9</sub>	0,01	0,02	0,01
CaO	0,73	0,15	0,57	0,85	0,18	0,67
K <sub>2</sub> O	10,14	10,97	9,39	7,01	7,64	6,54
Na <sub>2</sub> O	0,93	0,81	0,84	0,98	0,86	0,89
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4,50	4,48	4,24	16,27	16,31	15,44
	100,48	100,47	100,44	100,00	100,00	100,00

Dall'esame di tabella 1 risulta che i campioni Mu 7 ed Mu 12, di aspetto sensibilmente simile per caratteristiche e dimensioni dei cristalli, presentano pure composizione chimica assai poco diversa: una differenza degna di nota consiste nel maggior contenuto in ferro di Mu 12 rispetto ad Mu 7, cui fa riscontro un maggior contenuto in Mn, in conformità al comportamento geochimico di quest'ultimo elemento; l'altra differenza veramente rilevante riguarda il contenuto in CaO, estremamente scarso in Mu 12, che contiene d'altra parte una maggiore quantità di K<sub>2</sub>O.

La muscovite Mu 13 risulta avere invece una composizione chimica notevolmente diversa da quella delle altre due. Si può notare un contenuto maggiore di SiO<sub>2</sub> e soprattutto un bassissimo contenuto in Fe e Mg, cui fa riscontro un maggior contenuto in Al; al minor contenuto in Fe corrisponde naturalmente un minor contenuto in Mn; pure più scarsi risultano K<sub>2</sub>O e H<sub>2</sub>O. I dati di analisi di Mu 13 si scostano notevolmente anche da quelli delle altre muscoviti di Val Venosta da me analizzate (Mu 1, Mu 2, Mu 4, Mu 5, Mu 6, Mu 8, Mu 9), mentre a queste si avvicinano molto, per composizione chimica, Mu 12 e soprattutto Mu 7.

Rispetto alla composizione media delle muscoviti di pegmatiti e graniti calcolata da Tschirwinsky (9), Mu 13 presenta un'alta concentrazione in SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mentre eccezionalmente basse risultano le concentrazioni di tutti gli altri ossidi.

Nelle tabelle 2, 3, e 4 compaiono i calcoli eseguiti per ottenere le formule delle tre muscoviti considerando uguale a 44 la somma degli equivalenti dei cationi e degli anioni (1), (8).

TABELLA 2

*Calcolo della formula della muscovite Mu 7*

	% in peso	Equiv.	Quoz. Atomici		
			a	a' = a.f (*)	
SiO <sub>2</sub>	45,26	3,0144	Si	0,7536	6,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,10	2,1246	Al	0,3541	5,64
TiO <sub>2</sub>	0,28	0,0140	Ti	0,0035	2,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,07	0,0402	Fe'''	0,0134	3,64
FeO	0,45	0,0126	Fe''	0,0063	0,02 <sub>8</sub>
MgO	1,01	0,0502	Mg	0,0251	0,11
MnO	0,01 <sub>2</sub>	0,0002	Mn	0,0001	0,05
CaO	0,73	0,0260	Ca	0,0130	0,20
K <sub>2</sub> O	10,14	0,2152	K	0,2152	0,00 <sub>1</sub>
Na <sub>2</sub> O	0,93	0,0300	Na	0,0300	0,10
H <sub>2</sub> O	4,50	—	OH	0,4996	1,71
		Σe = 5,5274	O	2,5139	0,23
					3,98
					20,01

$$(*) f = \frac{44}{\Sigma e} = 7,9603$$

TABELLA 3

*Calcolo della formula della muscovite Mu 12*

	% in peso	Equiv.	Quoz. Atomici		
			a	a' = a.f (*)	
SiO <sub>2</sub>	44,69	2,9764	Si	0,7441	5,96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,86	2,1108	Al	0,7036	5,63
TiO <sub>2</sub>	0,32	0,0160	Ti	0,0040	2,04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,53	0,0576	Fe'''	0,0193	3,59
FeO	0,62	0,0172	Fe''	0,0086	0,03 <sub>2</sub>
MgO	1,02	0,0506	Mg	0,0253	0,15
MnO	0,02 <sub>0</sub>	0,0006	Mn	0,0003	0,07
CaO	0,15	0,0054	Ca	0,0027	0,20
K <sub>2</sub> O	10,97	0,2330	K	0,2330	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,81	0,0262	Na	0,0260	1,87
H <sub>2</sub> O	4,48	—	OH	0,4974	0,21
		Σe = 5,4938	O	2,4982	3,98
					20,01

$$(*) f = \frac{44}{\Sigma e} = 8,0090$$

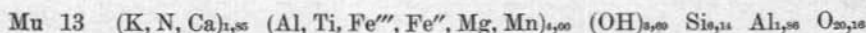
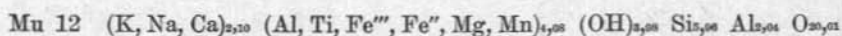
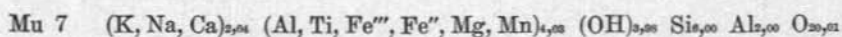
TABELLA 4

*Calcolo della formula della muscovite Mu 13*

	% in peso	Equiv.		Quoz. Atomici		
				a	a' = a.f (*)	
SiO <sub>2</sub>	47,06	3,1408	Si	0,7836	6,14	} 8,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,84	2,1684	Al	0,7228	5,67	
TiO <sub>2</sub>	0,23	0,0116	Ti	0,0029	0,02 <sub>3</sub>	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,47	0,0174	Fe'''	0,0058	0,05	} 4,00
FeO	0,24	0,0066	Fe''	0,0033	0,03	
MgO	0,45	0,0224	Mg	0,0112	0,09	
MnO	0,00 <sub>9</sub>	0,0002	Mn	0,0001	0,00	} 1,85
CaO	0,57	0,0204	Ca	0,0102	0,08	
K <sub>2</sub> O	9,39	0,1994	K	0,1994	1,56	
Na <sub>2</sub> O	0,84	0,0272	Na	0,0272	0,21	}
H <sub>2</sub> O	4,24	—	OH	0,4708	3,69	
		Σe = 5,6144	O	2,5718	20,16	

$$(*) f = \frac{44}{\Sigma e} = 7,8370$$

Le formule delle tre muscoviti analizzate risultano, perciò, essere le seguenti:



Esaminando le tabelle si possono fare le seguenti considerazioni:

1) per quanto riguarda gli ioni tetraordinati, mentre Mu 7 risulta esclusivamente trisilicica ed Mu 12, contiene 2,0% di termine disilicico, Mu 13 raggiunge il 7% di termine tetrasilicico cui corrisponde una deficienza del 7,5% rispetto al valore teorico della somma dei coefficienti dei cationi in coordinazione 12.

2) la somma dei coefficienti degli ioni ottaedrici è assai prossima a 4, in accordo con la scarsa percentuale di termini triottaedrici.

3) la somma dei coefficienti dei grossi cationi in coordinazione 12 risulta un pò in eccesso rispetto al valore teorico di 2,00 (in analogia a



quanto avviene per le altre muscoviti di Val Venosta) per Mu 7 ed Mu 12, mentre risulta in difetto per Mu 13 che, come già detto, ha però una notevole percentuale di termine tetrasilicico.

4) il coefficiente degli ossidrili, assai prossimo al valore teorico di 4,00 per Mu 7 ed Mu 12, se ne discosta notevolmente per Mu 13; ciò del resto si potrebbe forse ricollegare a quanto già rilevato sull'aspetto di questa muscovite, fragile, poco elastica, non molto sfaldabile, con lucentezza tendente alla sericea.

### **Costituenti minori.**

Ho eseguito l'analisi spettrografica qualitativa dei campioni Mu 7, Mu 12 ed Mu 13 impiegando il grande spettrografo automatico Hilger E 478 in dotazione al Centro di Studi per la Petrotettonica del C.N.R. (eccitazione con l'arco in corrente continua). Per ogni campione, senza effettuare attacchi chimici, ma limitandomi alla frantumazione del materiale, ho eseguito varie prese con intensità di corrente e tempi di posa diversi, sia per il visibile che per l'ultravioletto. Gli elettrodi usati (Ringsdorff R W I) non mi hanno permesso di stabilire la presenza o assenza del boro. I risultati ottenuti sono per il resto analoghi a quelli già riportati per le muscoviti di Val Venosta: risultano presenti con certezza in tutti tre i campioni, oltre agli elementi dosati per via chimica, *stagno, piombo, rame, vanadio, litio e bario*. La presenza del rubidio e del cesio non è stata accertata, ma a tale proposito va rilevato che ho impiegato lastre sensibili soltanto fino a 6700 Å. Nel solo campione Mu 13 risultano presenti inoltre: *stronzio* (riga 4607,33 Å) e *cromo* (righe 4254,35 Å; 4274,80 Å; 4289,72 Å); la riga a 5350,46 Å del Tl appare evidente soltanto nel campione Mu 12.

### **Studio ottico.**

#### *Indici di rifrazione.*

Gli indici di rifrazione  $\beta$  e  $\gamma$  sono stati determinati per le muscoviti Mu 7, Mu 12 ed Mu 13 su frammenti di sottilissime lamine di sfaldatura col metodo di immersione in luce gialla ottenuta con filtro Lifa N. 395 usando mescolanze di bromoformio e  $\alpha$  bromonaftalina. L'indice di rifrazione  $\alpha$  è stato determinato sempre col metodo di immersione ed in luce gialla, con gli accorgimenti già descritti (2) e impiegando iodomercurato di potassio diluito con acqua; i dati ottenuti per Mu 12 ed Mu 13 sono risultati però meno riproducibili di quelli di Mu 7.

In tabella 5 sono riuniti i dati ottenuti per i tre campioni.

TABELLA 5

*Indici di rifrazione misurati con il metodo di immersione:*

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Mu 7	1,566 $\pm$ 0,001	1,594 $\pm$ 0,001	1,598 $\pm$ 0,001
Mu 12	1,566 $\pm$ 0,002	1,594 $\pm$ 0,001	1,598 $\pm$ 0,001
Mu 13	1,566 $\pm$ 0,002	1,594 $\pm$ 0,001	1,598 $\pm$ 0,001

*Angolo degli assi ottici e sua dipendenza dalla percentuale in TiO<sub>2</sub>.*

Le misure dell'angolo degli assi ottici nell'aria (2 E) sono state effettuate con un conoscopio Fuess usando come sorgente luminosa un monocromatore Zeiss e scegliendo la lunghezza d'onda di circa 590  $\mu$ .

Le lamine di muscovite sottoposte a misurazione sono state una cinquantina con un totale di oltre 200 misure. In diversi casi ho eseguito anche misure di dispersione da cui è risultato:  $2E_{700m\mu} > 2E_{400m\mu}$ ; essendo però  $2E_{700m\mu} - 2E_{400m\mu}$  dello stesso ordine di grandezza dell'errore sperimentale delle misure (15') ritengo che questi dati abbiano soltanto valore orientativo e non possano essere confrontati fra loro: perciò non li riporto.

I dati delle misure al conoscopio ( $2E_{590m\mu}$ ) sono riportati in tabella 6 insieme ad alcune determinazioni del contenuto in TiO<sub>2</sub> effettuate sullo stesso materiale sottoposto alla misurazione di 2 E

TABELLA 6

*Misure di 2E e percentuali di TiO<sub>2</sub>*

Campione	Superficie in cm <sup>2</sup>	% TiO <sub>2</sub>	N° misure 2E	2E mass. in °.	2E min. in °.	2E medio in °.	N° misure 2E medio $\pm 1^\circ$	N° misure 2E medio $\pm 1/2^\circ$
Mu 7 a	1	<i>n.d.</i>	3	70	69 $\frac{1}{2}$	69 $\frac{3}{4}$	3	3
Mu 7 b	2	0,28	3	70	69 $\frac{1}{2}$	69 $\frac{3}{4}$	3	3
Mu 7 c	4	<i>n.d.</i>	9	70	68 $\frac{1}{2}$	69 $\frac{1}{2}$	8	8
Mu 7 d	4	0,28	9	70 $\frac{3}{4}$	68 $\frac{3}{4}$	69 $\frac{1}{2}$	8	5
Mu 10 a	0,15	} 0,15	2	73	72 $\frac{1}{2}$	72 $\frac{3}{4}$	} 72	2
Mu 10 b	0,15		3	73	72 $\frac{1}{4}$	72 $\frac{1}{2}$		3
Mu 10 c	0,10		2	72 $\frac{1}{2}$	71 $\frac{1}{4}$	72		2
Mu 10 d	0,10		2	72 $\frac{1}{2}$	71 $\frac{1}{2}$	72		2
Mu 10 e	0,10		1	71	71	71		1

(segue Tabella 6)

Campione	Superficie in cm <sup>2</sup>	% TiO <sub>2</sub>	N° misure 2E	2E mass. in °.	2E min. in °.	2E medio in °.	N° misure 2E medio ± 1°	N° misure 2E medio ± 1/2°
Mu 10'a	0,5	0,14	3	72	71 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	71 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3	3
Mu 10'b	0,7		5	72	71 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	71 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5	5
Mu 10'c	0,7		4	72	71 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	71 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4	4
Mu 10'd	0,8		4	72	71	71 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4	4
Mu 10'e	0,6		2	71 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	70 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	71	2	2
Mu 11' a	15	0,27	10	71	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	70	10	10
Mu 11 b	5	0,28	6	70 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	70	70	6	6
Mu 11 c	1,5	n.d.	2	70	70	70	2	2
Mu 11 d	3	0,28	6	70	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	6	6
Mu 11 e	0,8		2	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2	2
Mu 11 f	2		8	70 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	69 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	8	7
Mu 11 g	6	n.d.	13	71 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	68 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	12	10
Mu 11 h	0,25	n.d.	2	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	69 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	2
Mu 11 i	12	0,36	7	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	69	69 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	7	7
Mu 12 a	6	0,16	8	72 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	71 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	72	8	5
Mu 12 b	1	0,20	5	72 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	71	71 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	5	3
Mu 12 c	1,2	0,38	5	71	69	70 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	4	3
Mu 12 d	0,4	n.d.	4	70 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	69 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	70	4	3
Mu 12 e	0,5	n.d.	4	70	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	4	4
Mu 12 f	0,3	n.d.	2	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	2
Mu 12 g	6	n.d.	7	70	68 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	69 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	7	4
Mu 12 h	2	0,39	3	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	69 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	69 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3	3
Mu 13 a	0,10	n.d.	4	75	73 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	74 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4	2
Mu 13 b	0,15	>	3	74	71 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	73	2	0
Mu 13 c	0,15	>	2	72 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	72 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	72 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	2
Mu 13 d	0,12	>	3	71 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	71 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	71 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3	3
Mu 13 e	0,15	>	4	71 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	70 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	71 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	4	3
Mu 13 f	0,12	>	2	70 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	70 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	70 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	2
Mu 13 g	0,15	>	2	69	69	69	2	2
Mu 13 h	0,25	>	4	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	68 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	69	4	2
Mu 13 i	0,15	>	2	68	68	68	2	2
Mu 13 l	0,12	>	5	66 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	64 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	65 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	4	1
Mu 13 m	0,10	>	3	66 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	65	65 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3	2
Mu 13 n	0,30	>	2	65 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	63	64 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0	0
Mu 14a	20	0,29	11	71	67 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	9	5
Mu 14a'	~0,25	0,29	—	71	70	70 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	—	—
Mu 14a''	~0,25	0,29	—	70	69	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	—	—
Mu 14b	8	0,36	7	69 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	69	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7	7
Mu 14c	4	n.d.	6	70 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	67	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5	4
Mu 14d	2	n.d.	6	71	67	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5	4

Mu 7: le misure di 2 E su quattro lamine distinte hanno dato valori in buon accordo fra loro in ogni singola lamina e sensibilmente costanti per le quattro lamine; corrispondentemente la determinazione di  $TiO_2$ , effettuata singolarmente su due lamine scelte a caso fra le quattro, ha dato risultati identici fra loro ed identici pure al valore già riportato nei dati di analisi chimica dello stesso campione Mu 7.

Mu 10: valori di 2 E riproducibili per ogni singola lamina e sensibilmente costanti per le varie lamine. Data la piccolezza delle lamine la determinazione della percentuale in  $TiO_2$  è stata effettuata sul materiale ottenuto riunendo le 5 lamine; rispetto ai dati di Mu 7 si può notare che ad un più alto valore di 2 E corrisponde una più bassa percentuale di  $TiO_2$ .

Mu 10': 2 E riproducibile e costante con un valore medio quasi identico a quello di Mu 10; corrispondentemente quasi uguale la percentuale di  $TiO_2$ , determinata sulla mescolanza delle lamine.

Mu 11: mentre per la maggior parte le lamine hanno dato valori di 2 E intorno a  $69 \frac{3}{4}^\circ$ , con corrispondenti percentuali in  $TiO_2$  di 0,27-0,28% (in perfetto accordo con Mu 7) la Mu 11 i, con 2 E più piccolo ( $69 \frac{1}{4}^\circ$ ) risulta contenere più  $TiO_2$  (0,36%).

Mu 12: più evidenti risultano le variazioni di 2 E per varie lamine separate da un campione del peso di gr. 400 circa; al valore massimo di 2 E ( $72^\circ$ ) corrisponde il valore minimo della percentuale in  $TiO_2$  (0,16) (valori assai prossimi a quelli di Mu 10 e Mu 10'); al valore minimo di 2 E ( $69 \frac{1}{4}^\circ$ ) corrisponde il massimo valore della percentuale in  $TiO_2$  (0,39) (valori assai prossimi ai corrispondenti di Mu 11 i).

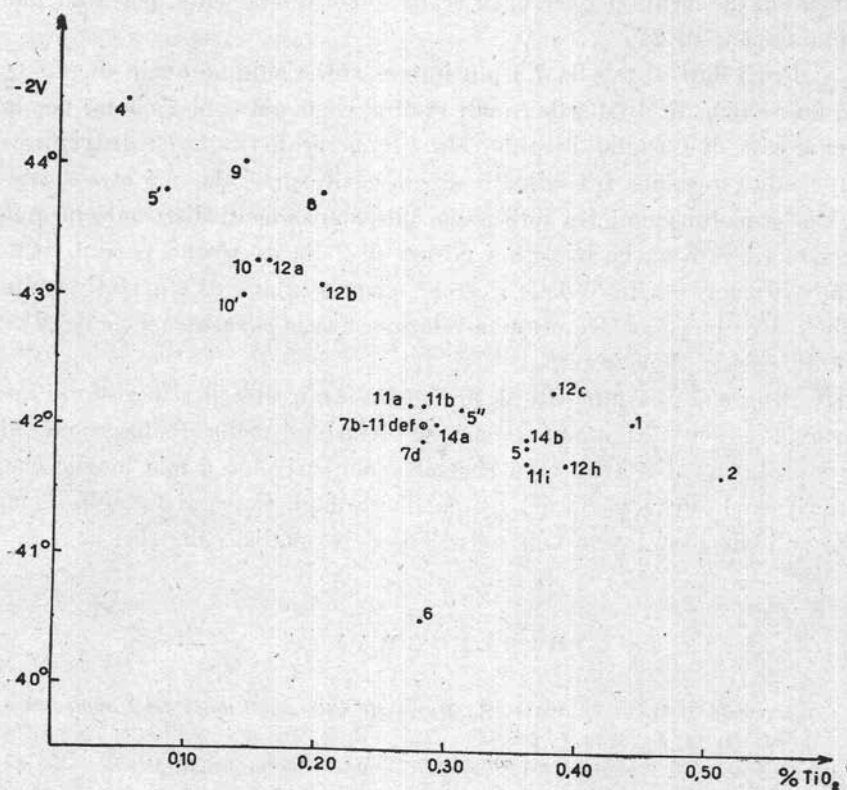
Mu 13: si possono mettere in risalto forti variazioni dei valori di 2 E; disgraziatamente non mi è stato possibile, data la piccolezza delle lamine, eseguire determinazioni della percentuale di  $TiO_2$  su lamine singole e neppure su gruppi di lamine a 2 E compreso in un piccolo intervallo: avrei potuto raggiungere questo scopo soltanto eseguendo numerosissime misure di 2 E.

Mu 14: i valori medi di 2 E per le quattro lamine esaminate sono risultati quasi identici, ma, per la grande lamina Mu 14 a, ho ottenuto, nelle varie porzioni in cui effettuavo le misure, dati sensibilmente diversi (come per la muscovite Mu 6 di Monte Franco, trattata nel mio precedente lavoro). Poichè tali variazioni non potevano essere attribuite, almeno apparentemente, a deformazioni meccaniche della lamina, che risultava perfettamente piana, ho cercato, dopo aver ritagliato la la-



mina in molti pezzetti, ciascuno della superficie approssimativa di 0,25 cm<sup>2</sup>, di separare due porzioni di materiale, la prima con 2 E<sub>medio</sub> fra 70 e 71°, la seconda con 2 E<sub>medio</sub> fra 69° e 70°. La determinazione del Ti ha dato però per entrambe le porzioni lo stesso risultato: 0,29% di TiO<sub>2</sub>.

Concludendo, da queste considerazioni e da altre che si potrebbero fare esaminando i dati di tabella 7 si ha ancora una prova del fatto che



la diadocchia del Ti nel reticolo della muscovite esercita sul valore di 2E un'influenza nettamente prevalente rispetto ad altre sostituzioni. La dipendenza di 2E, e conseguentemente di 2V, dal contenuto in TiO<sub>2</sub> è messa in risalto dal diagramma in cui appunto sono riportati in ascisse le percentuali di TiO<sub>2</sub> ed in ordinate i valori di 2V (\*) per

(\*) Calcolati dai dati sperimentali di 2E, mediante la formula  $\text{sen } V = \frac{1}{\beta} \text{sen } E$ ; per tutte le muscoviti di Tarres è stato usato il valore  $\beta = 1,594$ .

le muscoviti di Tarres ed anche per le muscoviti di Val Venosta; queste ultime, come si vede dal diagramma, presentano, rispetto alle muscoviti di Tarres, dato il contenuto in  $TiO_2$ , valori più alti di 2V, probabilmente in relazione al loro più basso contenuto in Fe, in accordo col fatto, già messo in risalto da Winchell (11), Volk (10) e altri, che anche la diadochia del ferro, in realtà subordinatamente, porta ad una diminuzione di 2V.

Fra i dati di tabella 7 i più interessanti risultano quelli di Mu 11 e, ancor più, di Mu 12, dai quali risulta, come già ebbi a notare per la muscovite di Castello Taranto, Mu 5 (2), che il titanio si distribuisce in modo irregolare fra cristalli di muscovite presi da uno stesso campione e molto vicini fra loro e che tale anomalia di distribuzione può essere rilevata anche in base a misure di 2 E: questo mi pare il risultato di maggior rilievo delle ricerche eseguite; dai dati riportati risulta che non si può ricavare nessuna relazione fra la concentrazione del Ti e le dimensioni delle lamine.

Ringrazio sentitamente il Prof. Ciro Andreatta per il costante appoggio e per l'illuminato consiglio offertomi nella realizzazione di questo lavoro. Un affettuoso ringraziamento rivolgo a mia moglie che, sacrificando gran parte del tempo libero dagli impegni famigliari, mi ha validamente aiutato nell'esecuzione delle analisi chimiche.

#### B I B L I O G R A F I A

- (1) AXELROD J. M., GRIMALDI F. S., *Muscovite with small optic axial angle*, «Am. Mineral.», 34, 1949, p. 559.
- (2) EMILIANI F., *Relazioni fra composizione chimica e proprietà ottiche nelle muscoviti*. «Rend. Soc. Min. It.», XII, 1956, p. 118.
- (3) EMILIANI F., *Studi cristallografici sulle miche. I. Ricerche chimiche ed ottiche su alcune muscoviti di ortogneis pegmatitici di Val Venosta*. «Acta Geologica Alpina», 6, 1956, p. 79.
- (4) FRONDEL C., ASHBY G. I., *Oriented inclusions of magnetite and haematite in muscovite*. «Am. Mineral.», 22, 1937, p. 105.
- (5) HILLEBRAND W. F., LUNDELL G. E. F., *Second edition revised by Bright, M. S. and Hoffmann, J. I.* - John Wiley and Sons inc., New York, 1953.
- (6) JAKOB J., *Beiträge zur chemische Konstitution der Glimmer - II Mitt.: Die Muskovite der Pegmatite*. I Teil, «Zeits. Krist.», 62, 1925, p. 443.
- (7) LESTER J. G., *Inclusions in muscovite from Mitchell Creek Mine, Upson County, Georgia*. «Am. Mineral.», 31, 1946, p. 77.

- (8) STEVENS R. E., *A system for calculating analysis of micas and related minerals to end members.* « U. S. Geol. Sur. Bull. », 950, 1942-45, p. 101.
- (9) TSCHIRWINSKY P., *Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der wichtigen Mineralien der Eruptivgesteine und der Meteorite.* « Neues Jb. Min. », Ref. II, 1931, p. 160, p. (da « Memoires de l'Institut Polytechnique du Don, II, 1928. Nowotscherkassk, 1929, p. 141-165).
- (10) VOLK G. W., *Optical and chemical studies of muscovite.* « Am. Mineral. », 24, 1939, p. 255.
- (11) WINCHELL A. N., *Studies in the mica group. P. II.* « Am. Jour. Sci. », 9, 1925, p. 145.
- (12) — (Coll. H. Winchell), *Elements of Optical Mineralogy.* J. Wiley and Sons, Fourth ed., part. II, p. 367.

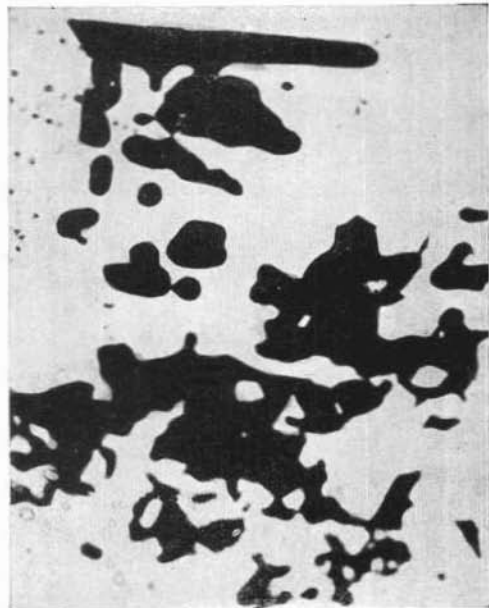
## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA

### Inclusioni nelle muscoviti.

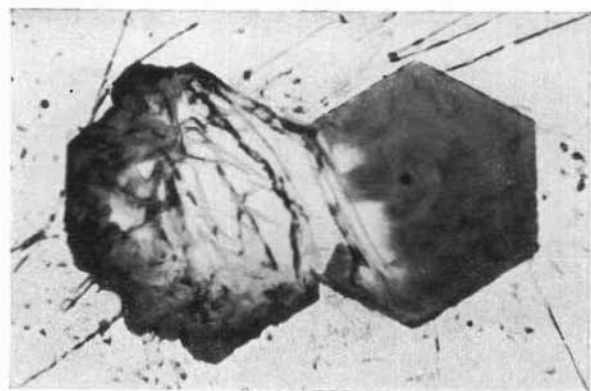
1. Mu 14. Dendriti di idrossidi di ferro; ingr. lin. 200, luce trasmessa, solo polarizzatore.
2. Mu 14. Magnetite in granuli scheletrici a contorno irregolare, quale potrebbe apparire in un fenomeno di riassorbimento; ingr. lin. 200, luce trasmessa, solo polarizzatore.
3. Mu 7. Due cristalli di magnetite, l'uno appiattito ed a contorno di esagono regolare, l'altro a contorno irregolare rotondeggiante, ma con tratti rettilinei ad angoli  $120^\circ$ ; ingr. lin. 200, solo polarizzatore, luce in parte trasmessa ed in parte riflessa per mettere in risalto la convessività del granulo di sinistra.
4. Mu 7. Magnetite a forma di serpe con fessure ottaedriche; ingr. lin. 200, luce trasmessa, solo polarizzatore.
5. Mu 11. Cristallo esagonale nastroforme di biotite; ingr. lin. 200, luce trasmessa, solo polarizzatore.
6. Mu 12. Concentrazione di granuli rotondeggianti di magnetite con accenti al contorno esagonale; ingr. lin. 200, luce trasmessa, solo polarizzatore.



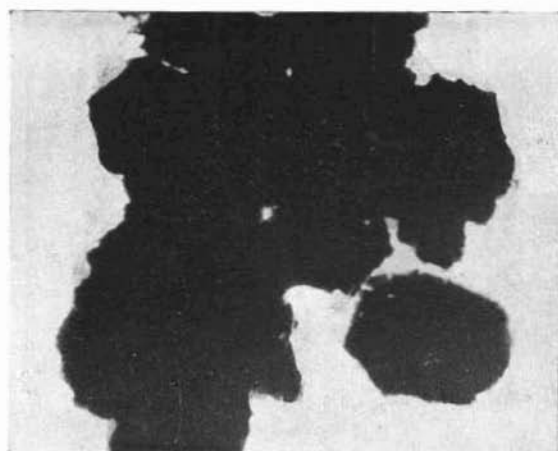
1



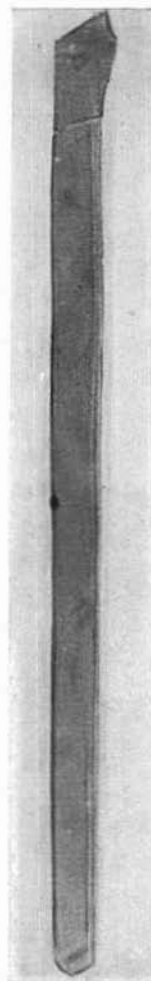
2



3



6



5

4