

GLAUCO GOTTARDI *

I FELDSPATOIDI

Vanno sotto il nome di feldspatoidi numerosi minerali tettosilicati considerati genericamente simili ai feldspati. Si tratta in verità di almeno quattro gruppi distinti di minerali con quattro diversi tipi di impalcature di tetraedri: quelli della leucite, della nefelina, della sodalite e della cancrinite; altri tipi di impalcatura sono stati trovati in minerali molto simili ai feldspatoidi già noti, ma si tratta di minerali molto rari.

In questo esame dei feldspatoidi non si parlerà della topologia delle loro impalcature, descritta in questa stessa tavola rotonda da Merlino, e si descriveranno soprattutto i risultati delle ricerche più recenti, cioè quelle posteriori al 1963, anno di pubblicazione del noto trattato di Deer, Howie e Zussman, nel quale si può trovare un ampio compendio di tutti i risultati precedenti.

Il gruppo della leucite

Vengono riuniti in questo gruppo i minerali (vedi tabella n. 1) che hanno un'impalcatura di tetraedri tipo leucite. In quest'impalcatura, topologicamente cubica, vi sono due tipi di cavità: quelle maggiori, dette W, poste sulle diagonali interne a $(1/8, 1/8, 1/8)$ con molteplicità 16, e quelle minori, dette S, poste a $(0, 1/4, 1/8)$ con molteplicità 24. Non sono noti i diagrammi binari tra i vari composti che cristallizzano con questa impalcatura.

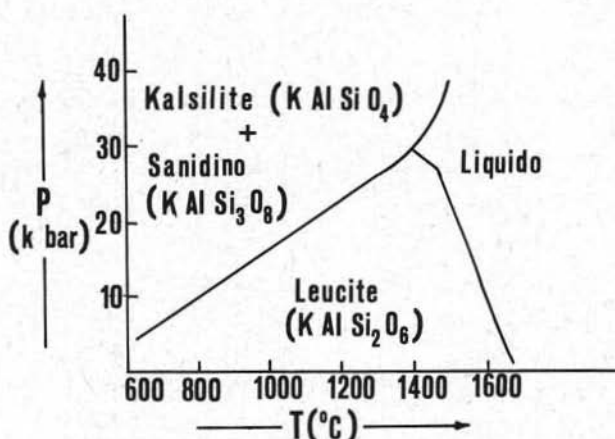
Leucite: corrisponde bene alla formula $K[AlSi_2O_6]$, con piccole sostituzioni del potassio con il sodio. Nella leucite il K si trova nelle posizioni W, mentre quelle S sono vuote. Il diagramma P/T del composto $K[AlSi_2O_6]$ è raffigurato nella fig. 1, dalla quale risulta che ad alta pressione la leucite si dissocia in kalsilite+sanidino: la leucite non può quindi essere presente in rocce magmatiche abissali. La leucite presenta a 625° C circa una trasformazione distorsiva, descritta ampiamente da FAUST (1963), tra una fase cubica (leucite β , gruppo spaziale $Ia3d$) di alta temperatura, ed una fase tetragonale pseudocubica (leucite α , gruppo spa-

* Istituto di Mineralogia e Petrologia dell'Università di Modena.

TABELLA 1

Dati cristallografici sulle fasi con struttura tipo leucite

Formula	Nome	Gruppo spaziale	Costanti (Å)	Z
fasi naturali:				
$K[AlSi_2O_6]$	Leucite- α	$I4_1/a$	$a=13,04$ $c=13,85$	16
idem	Leucite- β	$Ia3d$	$a=13,43$	16
$Cs[AlSi_2O_6]$	Pollucite	$Ia3d$	$a=13,74$	16
$Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$	Analcime	$Ia3d$	$a=13,71$	16
$Ca_{0,5}[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$	Wairakite	$I2/a$	$a=13,69$ $b=13,68$ $c=13,56$ $\beta=90^\circ 30'$	16
$Na_2Ca_{10}[Al_{20}Si_6P_{10}O_{96}] \cdot 16H_2O$	Viseite		$a=13,65$	1
$Zn_{5,5}Ca_{2,5}[Al_{16}P_{16}(H_3)_{16}O_{96}] \cdot 32H_2O$	Kehoeite		$a=13,7$	1
$Ca_2[(Li, Be, Si)_6O_{12}] \cdot CaF_2$	Hsianghualite	$I4_13$	$a=12,88$	8
fasi sintetiche:				
$K[FeSi_2O_6]$		$I4_1/a$	$a=13,205$ $c=13,970$	16
$K[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$		$Ia3d$	$a=13,8$	16
$Cs[FeSi_2O_6]$		$Ia3d$	$a=13,66$	16

Fig. 1. — Diagramma P/T del composto $K[AlSi_2O_6]$ secondo LINDSLEY (1966).

ziale $I4_1/a$). I cristalli crescono sempre nella forma cubica e nel passaggio alla forma tetragonale insorge una fitta e complessa geminazione polisintetica incrociata. La struttura della fase β è stata raffinata da PEACOR (1968), mentre per quella α la

determinazione è stata fatta da MAZZI, GALLI e GOTTARDI (da pubblicare). Risulta che entrambe le fasi hanno una distribuzione (Si, Al) disordinata; la differenza sostanziale tra le due strutture sta nella forma della cavità W occupata dal potassio, che comporta nella fase cubica una distanza media K-O (3,35 Å) troppo grande rispetto a quella prevedibile (3,07 Å), mentre nella fase tetragonale tale valore medio si riduce a 3,01 Å ed è quindi molto prossimo a quello adatto al raggio ionico del potassio.

Pollucite: la composizione corrisponde piuttosto da lontano alla formula $\text{Cs}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$: in realtà quasi un terzo del cesio è di solito sostituito da sodio, e vi sono anche delle molecole d'acqua. Dal raffinamento della struttura fatto da BEGER (1969) risulta che Cs e H_2O , la cui somma è prossima a 16, occupano le

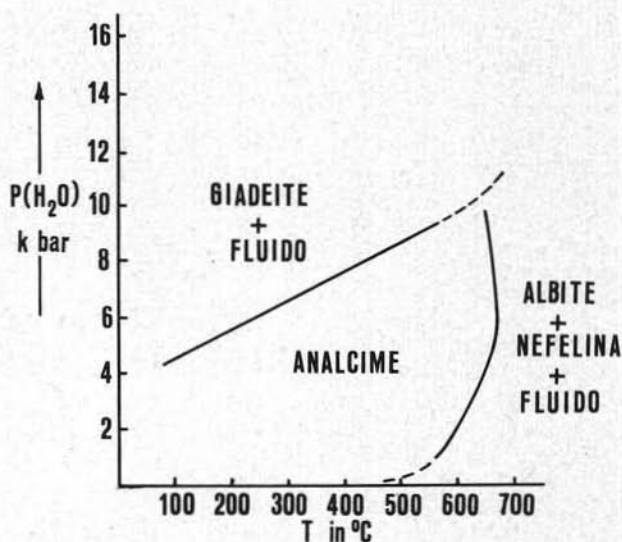


Fig. 2. — Diagramma $P(\text{H}_2\text{O})/T$ del composto $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$ ottenuto combinando diagrammi di PETERS et al. (1966) e di MANGHANI (1970).

cavità S. La pollucite, cubica, non dà un polimorfismo distorsivo simile a quello della leucite, e ciò è in relazione al fatto che la sua cavità W ha dimensioni adatte ad ospitare un catione grosso come Cs^+ , che si trova ad una distanza media di 3,39 Å dagli ossigeni, contro un valore prevedibile di 3,37 Å.

Analcime: di solito ha composizione molto prossima a $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$ con qualche oscillazione nel rapporto Al:Si (SAHA, 1959) e con piccole sostituzioni del sodio col potassio. Il diagramma P/T dell'analcime è dato nella fig. 2, dalla quale risulta che a pressione elevata l'analcime si inverte in giudeite che ha la stessa

formula chimica, se non si considera la molecola d'acqua. L'analcime presenta quasi sempre una geminazione polisintetica microscopica complessa che fa presumere che anch'essa, come la leucite, dia una fase cubica di alta temperatura ed una fase pseudocubica di bassa temperatura. Le linee del suo spettro di polvere sono in generale congruenti con il gruppo spaziale $Ia3d$ (quello della leucite cubica) ma ve ne sono alcune, deboli, che lo violano, pur essendo congruenti col gruppo $I4_1/a$ (quello della leucite tetragonale). Non è stato fatto sinora uno studio per stabilire a quale temperatura avviene la trasformazione, e mancano raffinamenti sia per la forma cubica che per quella pseudocubica. Sono disponibili invece vari raffinamenti fatti sui dati ottenuti a temperatura ambiente sull'analcime considerato come cubico, ma probabilmente non-cubico e poligeminato, cosicchè questi dati sono riferibili ad una struttura « cubica media » di più celle non-cubiche variamente orientate; tale struttura « cubica media » è certamente molto prossima alla struttura cubica vera e propria; il più recente di tali raffinamenti è quello di FERRARIS et al. (1972) dal quale risulta che il sodio sta nelle cavità S, mentre quelle W sono occupate in parte dalle molecole d'acqua. Tale struttura « cubica media » presenta per le posizioni W una distanza H_2O-O di 3,41 Å, contro un valore prevedibile di 2,74 Å; è quindi probabile che nella forma pseudocubica tali cavità si deformino e si schiaccino portando i valori delle distanze interatomiche a valori più propri, analogamente a quanto succede nella leucite. Anche MEIER (1973) prevede per l'analcime pseudocubica una struttura nel gruppo spaziale $I4_1/a$ e ne descrive un modello a distribuzione (Si, Al) ordinata.

Wairakite: ha composizione prossima a $Ca_{0,5}[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$, ed è monoclinica pseudocubica. Non si sa nulla sulla sua stabilità, e la sua struttura sinora non è stata raffinata.

Possibilità di scambio ionico nei minerali del gruppo: la letteratura in materia è molto ampia, e se ne trova un elenco essenziale in AMES (1966). Gli scambi nei minerali con queste impalcature avvengono solo in ambiente propriamente idrotermale ($\sim 200^\circ C$) e non sono sempre possibili; la trasformazione della leucite in analcime è relativamente facile, come lo è quella inversa; la prima è considerata frequente anche in natura. Per potassificazione dell'analcime si può ottenere anche una « analcime potassica » $K[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$. Si possono sintetizzare sia una « analcime calcica » (presumibilmente cubica) che la wairakite (monoclinica pseudocubica) e si tratta di due fasi differenti per spettro di polvere e per possibilità di scambio ionico: la prima infatti scambia sia con Na^+ che con Ca^{++} , la seconda con nessuno dei due. È probabile che la differenza strutturale stia in un maggior ordine della seconda, con conseguente riduzione del diametro libero dei canali. Si sintetizza anche una « analcime stronziaca » che scambia bene sia con Na^+ che con Ca^{++} .

Viséite e kehoéite: si tratta di minerali con struttura tipo analcime, nei quali vi è vicarianza rilevante o totale del silicio da parte del fosforo. Ricordando che

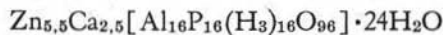
il contenuto della cella elementare dell'analcime è



quello della viseite (McCONNELL, 1952) è

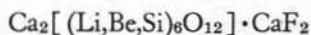


e quello della kehoeite (McCONNELL e FOREMAN, 1974)



L'esistenza di tali minerali solleva problemi cristallochimici di grande interesse.

Hsianghulite: silicato contenente berillio trovato da HUANG et al. (1958) ed avente probabilmente una struttura tipo analcime; la sua formula chimica è



Il gruppo della nefelina

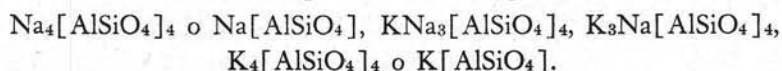
Fanno parte di questo gruppo i tettosilicati che hanno una impalcatura di formula $[\text{AlSiO}_4]$; essa è di tipo tridimite, ma « imbottita » di cationi (« stuffed »

TABELLA 2

Dati cristallografici sulle fasi con struttura tipo nefelina

Formula	Nome	Gruppo spaziale	Costanti (Å)			Z
fasi naturali:						
$\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$	Nefelina	P6_3	$a=10,00$	$c=8,38$		2
$(\text{K},\text{Na})[\text{AlSiO}_4]$	Trikalsilite	P6_3	$a=15,4$	$c=8,6$		18
$\text{K}[\text{AlSiO}_4]$	Kalsilite	P6_3	$a=5,18$	$c=8,69$		2
fasi sintetiche:						
$\text{Li}[\text{AlSiO}_4]$	($T>848^\circ\text{C}$)	P6_3 22	$a=5,28$	$c=11,27$		4
$\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	($T<850^\circ\text{C}$)	P6_3	$a=9,968$	$c=8,356$		2
$\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	($T>850^\circ\text{C}$)	rombico	$a=10,2$	$b=17,6$	$c=8,5$	6
$\text{Na}[\text{AlSiO}_4] \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	"nefelina idrata"	esagonale				
$(\text{K},\text{Na})[\text{AlSiO}_4]$	Tetrakalsilite	P6_3 22	$a=20,5$	$c=8,5$		32
$\text{K}[\text{AlSiO}_4]$	0_1	P222	$a=9,01$	$b=15,67$	$c=8,57$	12
$\text{K}[\text{AlSiO}_4]$	0_2	rombico	$a=8,9$	$b=10,5$	$c=8,5$	6

secondo BUERGER, 1954). Mediante tale imbottitura la simmetria della tridimite ($P6_3/mmc$) viene ridotta ($P6_3$); nella cella vi è posto per quattro cationi, l'uno sui 6₃, gli altri tre sui 2₁. I cationi sono essenzialmente Na^+ e K^+ , scarsamente sostituiti da parte di Ca^{++} e da lacune $\square$: l'aumento o la diminuzione di cariche conseguenti a queste sostituzioni sono bilanciate da corrispondenti vicarianze di Si con Al, o viceversa. Le formule prevedibili sono quindi:



Si debbono quindi prendere in considerazione due possibilità di ordine-disordine (O-D): l'una relativa alla distribuzione dei cationi alcalini (qualora ve ne sia più d'uno) e l'altra relativa ad alluminio e silicio.

TABELLA 3

Dati cristallografici su altre fasi del sistema $(K,Na)[AlSiO_4]$

Formula	Nome	Gruppo spaziale	Costanti (Å)		Z
fase naturale:					
K[AlSiO ₄]	Kaliophilite	P6 ₃ 22	a=27,06	c=8,61	54
fasi sintetiche:					
K[AlSiO ₄]	"Kaliophilite sintetica"	P6 ₃ 22	a=5,2	c=8,6	2
Na[AlSiO ₄]	Carnegieite-α (metastabile per T<690°C)	pseudocubico			
Na[AlSiO ₄]	Carnegieite-β (stabile per T>1250°C, metastabile per 690°<T<1250°C)	P2 ₁ 3 ¹	a=7,4		4

Le fasi, naturali o sintetiche, che hanno queste composizioni, sono raccolte nelle tabelle 2 e 3. Il diagramma isobaro (1 bar) del sistema $Na[AlSiO_4]-K[AlSiO_4]$ è stato descritto da TUTTLE e SMITH (1958) ed è rappresentato nella fig. 3, dalla quale risulta che il composto sodico dà una fase esagonale (nefelina α) stabile fino a $850^\circ C$, al di sopra della quale passa con trasformazione distorsiva ad una fase (nefelina β) rombica pseudoesagonale; oltre i $1250^\circ C$ interviene una trasformazione ricostruttiva a formare la fase cubica carnegieite β che ha una struttura tipo cristobalite, ma naturalmente « imbottita » di cationi. La carnegieite β raffreddata al di sotto di $1250^\circ C$, presenta una notevole inerzia alla trasformazione inversa e si mantiene facilmente allo stato metastabile; al di sotto di $690^\circ C$ interviene una

trasformazione distorsiva che forma la carnegieite α pseudocubica, che non ha un proprio campo di stabilità.

Il composto $K[AlSiO_4]$ dà la fase kalsilite esagonale fino a $850^\circ C$ che si deforma poi nella fase O_1 rombica pseudoesagonale. Nel sistema compare poi anche la fase esagonale tetrakalsilite, la cui composizione oscilla intorno a $K_3Na[AlSiO_4]_4$; questa fase ha ancora una struttura tipo tridimite; il prefisso «tetra» indica che il suo parametro a è quadruplo di quello della kalsilite. Caratteristica fondamentale del sistema è la curva a campana di smescolamento, spostata verso i termini potassici, che ammette quindi notevoli soluzioni solide dal lato sodico, all'incirca da $Na_4[AlSiO_4]_4$ a $KNa_3[AlSiO_4]_4$. Oltre alle fasi già indicate nella descrizione del sistema, sono note alcune altre fasi sintetiche (senza un proprio campo di stabilità), come la fase O_2 , che si forma per brusco raffreddamento di fluidi a composizione $Ne_{20}Ks_{80}$, o la fase «nefelina idrata» che si forma in ambiente idrotermale o quella detta «kaliophilite sintetica» ottenuta da $K[AlSiO_4]$ a circa $1000^\circ C$ ed a 0,5 kbar di $P(H_2O)$.

Nefelina: corrisponde alla composizione $(K, \square)Na_3[AlSiO_4]_4$, con qualche oscillazione nel rapporto $(K, \square):Na$ indicato dalla formula e con piccole sostituzioni di Na con Ca (non più del 5% delle posizioni Na_3). Il rapporto $K:\square$ può scen-

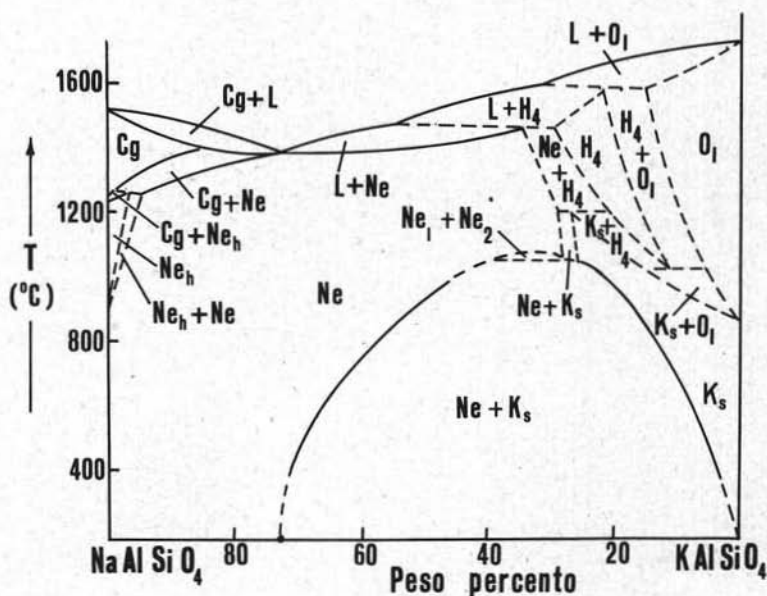


Fig. 3. — Diagramma $Na[AlSiO_4]-K[AlSiO_4]$ isobaro ($P=1$ bar) secondo TUTTLE e SMITH (1958). Ne = nefelina - Ne_h = nefelina di alta temperatura - Cg = carnegieite - L = liquido - Ks = kalsilite - H_4 = tetrakalsilite - O_1 = fase O_1 .

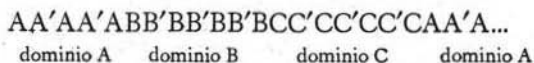
dere fino a valori prossimi ad 1. La distribuzione di sodio e potassio può essere ordinata o disordinata. SAMSONOVA (1969) ha dimostrato che tale distribuzione è rivelata dal rapporto di intensità delle righe (202) e (212) misurabili negli spettri di polvere; in accordo con le previsioni le rocce vulcaniche contengono nefeline con distribuzione (K,Na) disordinata, le rocce abissali nefeline con distribuzione ordinata. A tali differenze strutturali sono probabilmente da ricondurre le differenti proprietà ottiche riscontrate da SAHAMA (1962) in nefeline di varie origini. Il problema della distribuzione (Si,Al) nei tetraedri dell'impalcatura, deve essere considerato come ancora aperto. Le distanze nei quattro tetraedri simmetricamente indipendenti della cella della nefelina sono state misurate sinora su tre campioni, uno dei quali vulcanico (vedi tabella 4): non vi è fondamento sufficiente per

TABELLA 4

Distanze medie T-O nelle nefeline naturali (in Å)

Monte Somma	1,78	1,65	1,68	1,68
Hahn e Buerger (1955)				
Eleolite di Larvik	1,697	1,639	1,624	1,725
Dollase (1970)				
Gneiss di Egan Chute	1,725	1,642	1,623	1,744
Foreman e Peacor (1970)				

affermare che il buon ordine trovato nelle due nefeline abissali venga ridotto in quella vulcanica. La presenza negli spettri di monocristalli di nefelina di diffrazioni ad indici frazionari è stata attribuita a lungo a fenomeni di ordinamento; PARKER (1972) ammette invece che nella normale successione di strati esagonali tipo « tridimite » AA'AA'AA'A... ci possa essere ogni tanto un errore con una sovrapposizione tipo « cristobalite » cioè AB oppure AC, e quindi BA o BC, etc.: si potrebbe formare così una successione



Le delimitazioni dei domini possono variare liberamente ai lati; la comparsa dei riflessi ad indici frazionari è legata alla costanza della grandezza dei domini.

Trialsilite: il nome deriva dal fatto che il suo parametro a è circa triplo di quello della kalsilite. La sua composizione probabilmente è prossima a $\text{K}_3\text{Na}[\text{AlSiO}_4]_4$, cioè è simile a quella della fase sintetica detta tetrakalsilite; le relazioni fra queste due fasi non sono note.

Kalsilite: ha composizione $K[AlSiO_4]$ ed una struttura con perfetto ordine (Si,Al), secondo PERROTTA e SMITH (1965). Gli spettri della kalsilite presentano a volte diffrazioni deboli nelle posizioni in cui compaiono diffrazioni tipiche della tri- e della tetra-kalsilite. Il significato di tali diffrazioni è ancora da definire, come le strutture delle due fasi menzionate.

Kaliophilite: la sua composizione è simile a quella della kalsilite, ma può contenere abbastanza sodio e forse qualche molecola d'acqua. La sua struttura non è nota: non si sa nemmeno di che tipo sia la sua impalcatura. Tra la kaliophilite naturale e la kaliophilite sintetica ci sono probabilmente relazioni polimorfe tipo O-D; la cella della seconda ha lo stesso parametro c , ma un parametro a pari ad un quinto di quello della prima.

Il gruppo della sodalite

I minerali del gruppo della sodalite (vedi tabella 5) hanno una struttura poco aperta con canali delimitati da anelli di sei tetraedri: nei canali trovano posto, oltre ai cationi extratetraedrici che bilanciano le cariche dell'impalcatura, anche altri cationi ed anioni, Cl^- , SO_4^{--} , ed in minor misura S^{--} .

TABELLA 5

Dati cristallografici sulle fasi con struttura tipo sodalite

Formula	Nome	Gruppo spaziale	Costanti (Å)
fasi naturali:			
$Na_8[AlSiO_4]_6Cl_2$	Sodalite	$P\bar{4}3n$	$a=8,88$
$Na_8[AlSiO_4]_6(SO_4)$	Noseana	$P\bar{4}3m$	$a=9,07$
$Na_{5-8}Ca_{0-2}K_{0-1}[AlSiO_4]_6(SO_4)_{1-2}$	Hauyna	$P\bar{4}3n$	$a=9,12$
$(Na,Ca)_8[AlSiO_4]_6(SO_4,S,Cl)_2$	Lazurite	$P\bar{4}3n$	$a=9,08$
$Na_8[BeAlSi_4O_{12}]_2Cl_2$	Tugtupite	$I\bar{4}$	$a=8,58$ $c=8,82$
$Fe_8[BeSiO_4]_6S_2$	Danalite	$P\bar{4}3n$	$a=8,20$
$(Mn,Fe,Zn)_8[BeSiO_4]_6S_2$	Helvina	$P\bar{4}3n$	$a\approx 8,40$
$Zn_8[BeSiO_4]_6S_2$	Genthelvina	$P\bar{4}3n$	$a=8,12$
fasi sintetiche:			
$Na_8[AlSiO_4]_6(OH)_2$	Sodalite basica		$a=8,95$
$Li_8[AlSiO_4]_6(OH)_2$			$a=8,72$
$Ag_8[AlSiO_4]_6(OH)_2$			$a=8,99$
$(K,Na)_8[AlSiO_4]_6(OH)_2$			$a=9,15$

Nota: per tutte le fasi di questa tabella $Z = 1$

Sodalite: ha composizione sempre molto prossima alla formula $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6 \cdot \text{Cl}_2$, con piccoli contenuti in potassio ed in calcio; raramente contiene anche S^{--} come anione extraimpalcatura, ed in tal caso è di colore azzurro (la sodalite normale è incolore). Ha distribuzione (Si,Al) ordinata (LÖNS e SCHULZ, 1967). Si ottiene facilmente per sintesi in condizioni che arrivano a 1000°C se ad opportuna pressione; per sintesi si ottiene anche « sodalite basica » $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6(\text{OH})_2$.

Noseana, *haüyna*, *lazurite*: questi nomi vengono attribuiti a minerali di composizione molto vicina; la noseana ha composizione prossima a $(\text{Na},\text{K})_8[\text{AlSiO}_4]_6(\text{SO})_4$, mentre la haüyna corrisponde a termini intermedi della serie $(\text{Na},\text{K})_8[\text{AlSiO}_4]_6$

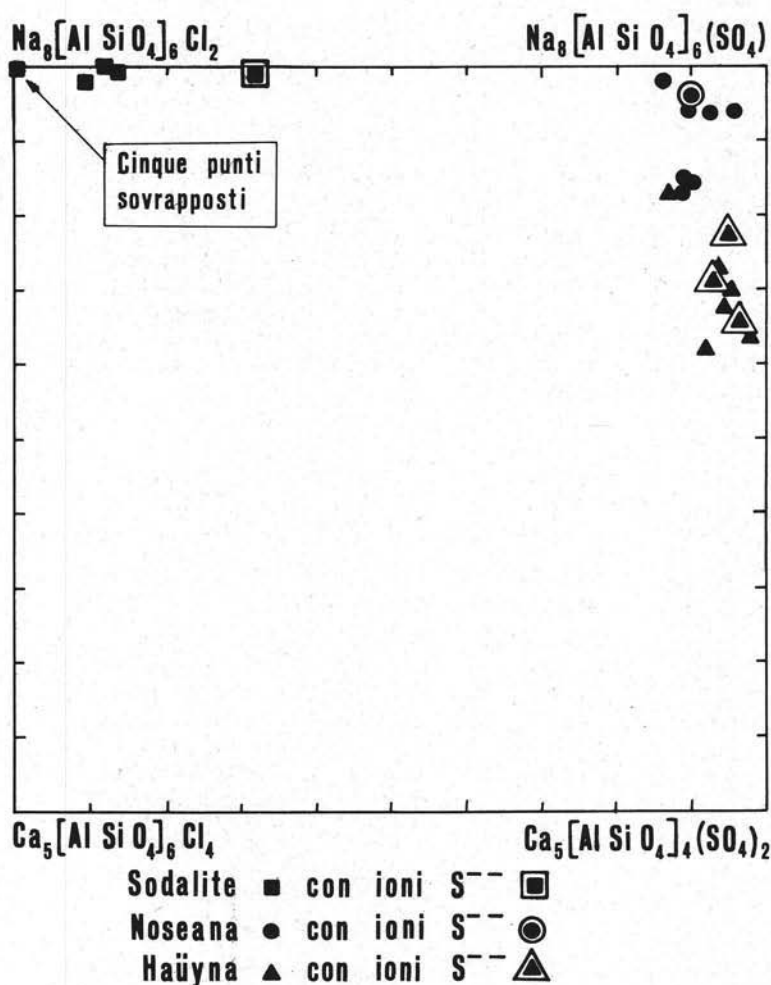


Fig. 4. — Diagramma quadrato che rappresenta schematicamente, con qualche forzatura, la composizione di sodaliti, noseane, haüyne. Origine dei dati: 13 analisi da DEER, HOWIE e ZUSSMAN (1963); 13 analisi (quelle complete) da TAYLOR (1967).

$(\text{SO}_4) \cdot \text{Ca}_5[\text{AlSiO}_4]_6(\text{SO}_4)_2$. In realtà tale interpretazione della composizione della haüyna è un po' schematica, e presuppone una proporzionalità tra numero di Ca e numero di (SO_4) , il che non si verifica esattamente, poichè sono possibili lacune al posto di tutti gli ioni extraimpalcatura, positivi o negativi che siano. Comunque, se non si tiene conto di tale obiezione, un'idea delle composizioni di sodalite, noseana, haüyna può essere data dal diagramma della fig. 4, dal quale risulta che la separazione dei campi tra gli ultimi due minerali è in definitiva abbastanza netta. Si ricordi che TAYLAR (1967) li distingue per il gruppo spaziale ($P43n$ per la haüyna e la sodalite, $P43m$ per la noseana); lazurite è il nome da attribuire alle non rare varietà azzurre, contenenti S^{--} , di haüyna; però anche la noseana, come la sodalite, è azzurra se contiene lo stesso ione, ma ciò avviene raramente; il nome lapislazzuli dovrebbe essere riservato invece genericamente alle pietre ornamentali contenenti tali feldspatoidi azzurri in quantità rilevante.

I cristalli di noseana e di haüyna presentano spesso nei loro spettri diffrazioni aggiuntive rispetto a quelle proprie di una cella cubica con $a \approx 9 \text{ \AA}$ con gruppo spaziale $P43m$ (o n). Tali riflessi, descritti da SAALFELD (1959, 1961) e da TAYLOR (1967), si distinguono in: 1° code (« streaks ») a volte molto marcate, che escono dalle diffrazioni normali; 2° diffrazioni ad indici frazionari. Confermando una precedente ipotesi avanzata da SAALFELD (1961) per la haüyna, il problema dell'origine di tali diffrazioni è stato risolto da SCHULZ (1970) per la noseana; egli ha messo in evidenza come gli ioni sodio possano assumere posizioni e coordinazioni diverse a seconda della presenza o dell'assenza di gruppi SO_4 nelle singole celle. La regolarità della disposizione del sodio sulle tre posizioni permesse causa la presenza delle diffrazioni supplementari. Dai dati di SCHULZ (1970) risulta anche che la noseana ha una distribuzione (Si,Al) disordinata.

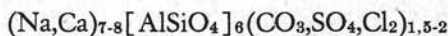
Tugtupite: raro minerale contenente berillio di composizione analoga alla sodalite: $\text{Na}_8[\text{Be}_2\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{24}] \cdot \text{Cl}_2$. La sua struttura è stata raffinata da DANO (1966) che trova un perfetto ordine (Be,Al,Si).

Danalite, helvina, genthelvina: rari minerali molto interessanti dal punto di vista cristallografico per essere tetroberillosilicati privi di alluminio. Non risulta vi siano per questi minerali raffinamenti recenti.

Il gruppo della cancrinite

Analogamente a quanto fatto in precedenza, si mettono in questo gruppo tutti i minerali (vedi tabella 6) con una stessa impalcatura, quella della cancrinite.

Cancrinite: ha composizione del tipo



con una forte prevalenza del sodio sul calcio e dello ione carbonato sugli altri due, quindi si tratta di una composizione simile a quella della haüyna, da cui differisce

però il contenuto in anioni extraimpalcatura. Il suo campo di stabilità non è noto. Di particolare interesse sono le superstrutture presentate dalla cancrinite. Già JARCHOW (1965), nel suo lavoro sul raffinamento della struttura della cancrinite, notava negli spettri ottenuti dai campioni di cancrinite di Lichtfield (U.S.A.) la presenza di macchie diffuse da parti opposte delle macchie nette a distanza di $\pm 3/7 c^*$ nello spazio reciproco. In due lavori contemporanei FOIT, PEACOR e HEINRICH (1973) e BROWN e CESBRON (1973) studiarono cancrinita di diversa provenienza, individuando superstrutture caratterizzate da valori del parametro c pari a 5, 8, 11, 16 e 21 c_0 , indicando con c_0 il parametro della cancrinite normale ($c_0 = 5,13 \text{ \AA}$).

Gli effetti di diffrazione netti hanno la stessa posizione ed intensità per i cristalli di diversa provenienza, le differenze insorgono per la posizione e le intensità delle macchie diffuse.

Le ricerche degli autori suddetti hanno mostrato come le diverse superstrutture siano legate all'ordinamento dei cationi e degli anioni situati nei canali e nelle gabbie delle strutture.

TABELLA 6

Dati cristallografici sulle fasi con struttura tipo cancrinite

Formula	Nome	Gruppo spaziale	Costanti ($\text{\AA}$)
fasi naturali:			
$(\text{Na}, \text{Ca})_{7-8}[\text{AlSiO}_4]_6(\text{CO}_3, \text{SO}_4, \text{Cl})_{1,5-2} \cdot 1-5\text{H}_2\text{O}$	Cancrinite	$P6_3$	$a=12,60$ $c=5,13$
$(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K})_{6-7}[\text{AlSiO}_4]_6(\text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl})_{1-1,5} \cdot 1-5\text{H}_2\text{O}$	Vishnevite		$a=12,68$ $c=5,18$
$(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K})_{7,5}[\text{AlSiO}_4]_6(\text{Cl}, \text{SO}_4, \text{CO}_3)_3$	Davyna	$P6_3$	$a=12,70$ $c=5,33$
$(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K})_{7,5}[\text{AlSiO}_4]_6(\text{Cl}, \text{SO}_4)_2,5$	Microsommite	$P6_3 22$	$a=22,08$ $c=5,33$

Nota: per tutte le fasi di questa tabella $Z = 1$

Vishnevite, davyna, microsommite: minerali con composizione analoga a quella della cancrinite, dalla quale differiscono per l'anione extraimpalcatura più abbondante, che è SO_4^{--} nella vishnevite e Cl^- nella davyna e nella microsommite; quest'ultima differisce dagli altri minerali del gruppo per il raddoppiamento del parametro a . Non risultano raffinamenti recenti di nessuno di questi tre rari minerali, notizie sui quali si trovano anche in BARIOND, CESBRON e GIRAUD (1968).

BIBLIOGRAFIA

- AMES L.L. Jr. (1966) - *Cation exchange properties of wairakite and analcime*. Am. Mineral., 51, 903-909.
- BARIAND P., CESBRON F. e GIRAUD R. (1968) - *Une nouvelle espece minerale: l'afghanite de Sar-e-Sang, Badakhsan, Afghanistan. Comparaison avec les mineraux du groupe de la cancrinite*. Bull. Soc. Franc. Min. Crist., 91, 34-42.
- BEGER R.M. (1969) - *The crystal structure and chemical composition of pollucite*. Z. Kristallogr., 129, 280-302.
- BROWN W.L. e CESBRON F. (1973) - *Sur les surstructures des cancrinites*. C.R. Acad. Sc. Paris [D], 2761, 1-4.
- BUERGER M.J. (1954) - *The stuffed derivatives of the silica structures*. Am. Mineral., 39, 600-614.
- DANO M. (1966) - *The cristal structure of Tugtupite, a new mineral, $\text{Na}_3\text{Al}_2\text{Be}_2\text{Si}_8\text{O}_{24}(\text{Cl}, \text{S})_2$* . Acta Cryst., 20, 812-816.
- DEER W.A., HOWIE R.A. e ZUSSMAN J. (1963) - *Rock forming minerals*. Vol. 4, Longmans, London.
- FAUST G.T. (1963) - *Phase transition in synthetic and natural leucite*. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 43, 165-195.
- FERRARIS G., JONES D.W. e YERKESS J. (1972) - *A neutron-diffraction study of the crystal structure of analcime, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$* . Z. Kristallogr., 135, 240-252.
- FOIT F.F., PEACOR D.R. e HEINRICH E. WM. (1973) - *Cancrinite with a new superstructure from Bancroft, Ontario*. Can. Mineral., 11, 940-951.
- HUANG W.H., TU S.H., WANG K.H., CHAO C.C. e YU C.C. (1958) - *Hsianghualite, a new beryllium mineral* (in cinese). Ti-chih-yueh-k'an, 7, 35.
- JARCHOW O. (1965) - *Atomanordnung und Strukturverfeinerung von Cancrinit*. Z. Kristallogr., 122, 407-422.
- LINDSLEY D.H. (1966) - *Melting relations of potassium feldspar up to 40 Kilobars*. Carnegie Inst. Wash. Yearbook, 65, 244-247.
- LÖNS J. e SCHULZ H. (1967) - *Strukturverfeinerung von Sodalith, $\text{Na}_8\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}\text{Cl}_2$* . Acta Cryst., 23, 434-436.
- MANGHNANI M.H. (1970) - *Analcime-Jadeite phase boundary*. Phys. Earth Planet. Interiors, 3, 456-461.
- MAZZI F., GALLI E. e GOTTARDI G. (in corso di pubblicazione) - *The crystal structure of tetragonal leucite*.
- McCONNELL D. (1952) - *Viseite, a zeolite with the analcime structure and containing linked SiO_4 , PO_4 and H_2O_4 groups*. Am. Mineral., 37, 609-6, 17.
- McCONNELL D. e FOREMAN D.W. Jr. (1974) - *The structure of kehoeite*. Can. Mineral., 12, 352-353.
- MEIER W.M. (1973) - *Symmetry aspects of zeolite frameworks*. Advan. Chem. Ser., 121 (Molecular Sieves), 39-51.
- PARKER J.M. (1972) - *The domain structure of nepheline*. Z. Kristallogr., 136, 255-272.
- PERROTTA A.J. e SMITH J.V. (1965) - *The crystal structure of kalsilite KAlSiO_4* . Min. Mag., 35, 588-595.
- PETERS TJ., LUTH W.C. e TUTTLE O.F. (1966) - *The melting of analcite solid solutions in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{NaAlSi}_2\text{O}_7$ - H_2O* . Am. Mineral., 51, 736-753.
- SAALFELD H. (1959) - *Untersuchungen über die Nosean-Struktur*. N. Jahrb. Miner. Monatsh., 1959, 38-46.

- SAALFELD H. (1961) - *Strukturbesonderheiten des Hauyngitters*. Z. Kristallogr., 115, 132-140.
- SAHA P. (1959) - *Geochemical and X-ray investigation of natural and synthetic analcites*. Am. Mineral., 44, 300-313.
- SAMSONOVA N. S. (1969) - *Order and disorder in the arrangement of sodium and potassium atoms in the nepheline structure*. Doklady Akad. Nauk SSSR, Earth Sc. Sect., 187, 134-137.
- SCHULZ H. (1970) - *Struktur- und Überstruktur-untersuchungen in Nosean-Einkristallen*. Z. Kristallogr., 131, 114-138.
- TAYLOR D. (1967) - *The sodalite group of minerals*. Contr. Miner. Petrol., 16, 172-188.
- TUTTLE O. F. e SMITH J. V. (1958) - *The nepheline-kalsilite system. II. Phase relations*. Amer. J. Sci., 256, 571-589.