

# Ordine e disordine nelle strutture dei feldispati

I feldispati costituiscono il gruppo di minerali più rappresentato sulla litosfera (59,5 % secondo il Clark).

Dal punto di vista puramente chimico i termini che lo compongono, tutti polimorfi, sono  $K Al Si_3 O_8$ ,  $Na Al Si_3 O_8$  e  $Ca Al_2 Si_2 O_8$ . La nomenclatura relativa, fornita dalla ricerca bibliografica, è varia e non priva di sinonimi, indice delle scarse o imperfette conoscenze primitive. Oggi, in seguito ad esperimentazioni intense, accurate e molteplici, compiute da molti studiosi, fra cui primeggiano lo Spencer, il Buerger ed il Laves, si intravede una certa chiarezza.

La letteratura riferisce e descrive minutamente quattro modificazioni cristalline del feldispato potassico  $K Al Si_3 O_8$ : microclino, adularia, ortoclasio, sanidino. Secondo le recenti vedute del Laves, è più opportuno considerare lo stato microclino e la famiglia dell'ortoclasio, intendendo il suddetto scienziato definire con tale ultimo nome « il feldispato potassico che è o appare monoclinico e comprende l'adularia, l'ortoclasio comune ed il sanidino ».

Gli studi roentgenografici hanno permesso di concludere che il *microclino* rappresenta la *modificazione ordinata del feldispato potassico*, formatasi a temperature abbastanza basse ( $t < 700^\circ C$ ) in seguito al rimaneggiamento atomico, seguente una diffusione, ed interessante la collocazione degli ioni silicio e alluminio.

L'ordine reticolare ha portato ad una triclinità indiscussa comprovata sia in seguito agli esami degli spettri, ottenuti con i raggi X, sia con le determinazioni ottiche.

Il microclino fu ricollegato dal Winchell con l'*anortoclasio*, con cui, secondo alcuni autori, ci si riferisce ad un « microclino ricco di sodio ». Giusta le più recenti vedute del Laves

(1959) la complessa struttura dell'anortoclasio, di cui nessuna fase è perfettamente definibile, sarebbe dovuta a combinazioni delle trasformazioni diffusiva e displasiva e dello smistamento che si verifica a temperature più basse.

La *trasformazione diffusiva* consiste in un continuo e molto lento passaggio reversibile ordine-disordine strutturale, durante il quale vengono attraversati stati stabili, perfettamente definibili e stati instabili, presentatisi in condizioni di non equilibrio.

La *trasformazione displasiva*, osservabile nei feldispati sodici, più o meno potassici e calciferi, consiste in un passaggio, conseguente la diminuzione di temperatura, da uno stato monoclinico (nel nostro caso, albite monoclinica) ad uno triclino (analtite o albite triclina) *senza* variazione nella disordinata distribuzione di alluminio e silicio.

Nella famiglia dell'ortoclasio, monoclinica, si possono fissare i tre stati soprannominati, ognuno con peculiarità più o meno ben definite, di cui il sanidino è stabile, mentre i comuni ortoclasio e l'adularia sono instabili.

Il *sanidino* è termine di alte temperature, stabile sopra i  $700^\circ C$ , monoclinico. Per ciò che concerne la sua struttura cristallina è forma di *disordine reticolare* e la sanidinizzazione, cioè la trasformazione del microclino in sanidino, si risolve nel passaggio ordine-disordine, proprio della sopra-descritta trasformazione diffusiva.

Gli stadi intermedi sono dati dall'*adularia*, che i roentgenogrammi rivelano sia triclina che monoclinica, dimostrandola metastabile con tendenza, perciò, ad ordinarsi con la struttura del microclino.

L'*ortoclasio comune* è pure stato intermedio di instabilità.

Al feldispato sodico  $Na Al Si_3 O_8$

furono attribuite dal Winchell (1925) 3 fasi: la barbierite, l'albite e l'analbite, a cui l'Alling aggiunse la clevelandite.

In realtà, per ciò che le moderne vedute hanno permesso di affermare, esistono due modificazioni, cioè l'*albite di bassa temperatura*, caratterizzata da indiscussa tridinità, rivelatrice di un ordine strutturale, stabile sotto i 700°C, e l'*albite di alta temperatura o analbite*, per contro, dimostrante monoclinicità o pseudomonoclinicità, indice di disordine strutturale, stabile sopra i 700°C.

Il parallelismo con  $K Al Si_3 O_8$  è evidente.

Le relazioni fra i due termini di feldispato alcalini mostrano solubilità reciproca completa allo stato solido alle alte temperature (700°-1000°C) e parziale per le temperature più basse. Quando le miscele isomorfe di alte temperature vengono portate in condizioni di temperatura più bassa, diventano soprassature e, qualora l'ambiente riesca a dare un'energia sufficiente per operare la reazione, tendono a smistarsi in parti ricche in potassio ed in parti ricche in sodio rappresentanti soluzioni solide sature alle temperature più basse. Si originano, così, le pertiti, associazioni di feldispato potassico e di plagioclasio sodico, frequentissime delle rocce eruttive intrusive. Di solito, un cristallo ortoclasico (ortoclasio comune o microclino) presenta una serie di lamelle plagioclastiche sottili parallele al piano (100) dell'ortoclasio. D'altro canto, se lo smistamento non riesce a verificarsi, solitamente per un brusco raffreddamento, la soluzione solida di alta temperatura si può mantenere in condizioni di sovrassaturazione.

Il termine  $Ca Al_2 Si_2 O_8$  si può presentare sotto forma di *modificazione triclinica* naturale e di due fasi ottenute sperimentalmente dal Davis e dal Tut-

tle l'*esagonale*, di bassa temperatura e la *rombica*.

Circa i plagioclasii, considerati per lungo tempo classici esempi di soluzioni solide, le ricerche di Chao e di Taylor (1940) dimostrarono una maggiore complicazione nei rapporti fra i feldispati, concorrenti alla loro formazione. L'albite ha una cella di dimensioni prossime a quelle del sanidino, mentre l'anortite è doppia. Tale raddoppiamento indica incompletezze nella serie di soluzioni solide. La labradorite non sarebbe, quindi, una soluzione solida di albite e di anortite, ma una miscela di queste due (*stato labradoritico* del Laves, osservabile a circa 50 % An).

Le condizioni geometriche, necessarie affinché le due specie atomiche Al e Si si dispongano nelle proporzioni di 1:3, per formare l'aggruppamento  $(Al Si_3)$  dell'albite, differiscono da quelle, occorrenti per l'ordinamento delle medesime nel rapporto 1:1 del  $(Al_2 Si_2)$  dell'anortite. L'albite si deve ordinare con una fase diversa da quella dell'anortite ed a temperatura inferiore. A temperature basse è impossibile avere un ordinamento senza la scomposizione del cristallo in due fasi; ciò a causa della irrazionale quantità di alluminio e silicio richiesta per i feldispati intermedi. Perciò occorre uno smistamento affinché il disordinato paio  $(Al_a Si_b)$  venga ad assumere una disposizione ordinata, atta ad essere presa sia dall'albite quanto dall'anortite. Ciò costituisce un classico esempio della « *teoria del disordine e della non-miscibilità* », la quale, per ciò che concerne i feldispati, suppone vi siano tre fasi di plagioclasii.

Tanto l'albite quanto l'anortite, come sopra detto, presentano forme di alta e di bassa temperatura con disposizioni reticolari rispettivamente disordinate, monocline ed ordinate, tricline.

Lo stato del plagioclasio interme-

dio, stabile a bassa temperatura, è quello di una miscela degli ultimi due termini, non già di soluzioni solide. Se il plagioclasio intermedio si forma al di sopra della temperatura, corrispondente ad un ordine strutturale, si ha un aggregato smistato. I plagioclasii smistati hanno, quindi, l'aspetto di individui unici. Se il plagioclasio, per contro, si deposita al di sotto della suddetta temperatura, si verifica un accrescimento eccessivo oppure il concrescimento di uno sull'altro dei termini puri. Alcuni autori collegano l'esistenza delle geminazioni albite e periclino all'inversione di forme di alta a forme di bassa temperatura. Quanto sopraddetto può essere complicato da una seconda trasformazione interessante l'ordinamento degli ioni alcalini. Tuttavia le condizioni della deposizione non tendono sempre al raggiungimento dell'equilibrio.

I fenomeni di labradorescenza e di opalescenza dimostrano che i cristalli, presentanti tali caratteristiche, non sono soluzioni solide.

La sintesi di feldispatici artificiali, in cui l'alluminio ed il silicio furono sostituiti, rispettivamente, dal gallio e dal germanio, offrì la migliore valutazione delle relazioni intercorrenti tra ordine e disordine.

Sono di notevole interesse le ultime conclusioni sulla conseguentemente complessa nomenclatura, proposta per i feldispatici, basata sull'intendimento di dare una designazione inequivocabile ad ogni feldispatico alcalino omogeneo, sia esso stabile, pseudostabile oppure instabile.

La serie *monoclina sanidino - barbierite - analbite*, suddivisibile in sanidino, Na - sanidino, K - barbierite e barbierite, discutibile per la non dimostrata esistenza di  $\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$  monoclino, puro, disordinato per ciò che riguarda l'alluminio ed il silicio, è stabile ad alta temperatura, mentre lo è a bassa la serie *microclino - albite*,

che si può scindere in microclino, Na - microclino, K - albite e albite.

Circa le *pertiti* si usano le specificazioni: *analbite - criptopertite*, in cui il sanidino oppure l'ortoclasio comune ospitano l'analbite, *albite - microclino - antipertite*, dove il microclino è ospite dentro l'albite, *analbite - K Al Si<sub>3</sub> O<sub>8</sub> triclinico - anticriptopertite*, nelle quali l'analbite costituisce il solvente, il feldispatico potassico il soluto.

Il campo di stabilità dei feldispatici monoclini sanidino - barbierite si estende al sistema ternario. La simmetria dei feldispatici ternari può essere influenzata dalle rispettive temperature di trasformazione e di soluzione, ciò che avviene quando il cristallo è ancora monoclino, prima della trasformazione di spostamento diffusivo, per cui i feldispatici appaiono monoclini, oppure dopo, nel qual caso sono triclini. Le indagini roentgenografiche dei feldispatici ternari allo stato originario e dopo trattamento al calore hanno rivelato che la « *superficie di solubilità* », corrispondente alla curva del sistema binario del feldispatico alcalino, sembra essere piuttosto complessa. In molti casi si osservano 3 diversi feldispatici disciolti, con composizione prossima a quella dell'albite, dell'ortoclasio e dell'oligoclasio. Pertanto è stato suggerito il cosiddetto « *canale di soluzione* », congiungente le pertiti feldispatiche alcaline con le plagioclasiche.

Partendo da  $\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$  puro si possono avere stati monalbite - albite - analbite nella serie dei plagioclasii per passare, quindi, agli stati disanortite - anortite, quando il contenuto in calcio è elevato. La *disanortite* costituisce uno stato stabile al di sopra di  $1100^\circ \text{C}$  fino al suo punto di fusione ( $1544^\circ \text{C}$ ), caratterizzato dalla sistemazione degli ioni calcio secondo due diverse e nette posizioni ( $X_1$  e  $X_2$ ) nei vuoti dell'impalcatura  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , ordinata rispetto ad alluminio e silicio, per cui si possono distinguere « distretti » con sistema-

zione  $X_1$  prevalente e « distretti » con  $X_2$  prevalente. L'« estensione » di tali distretti è arbitrariamente grande al di sotto di  $1100^\circ$  C, mentre al di sopra diminuisce gradatamente con l'aumentare della temperatura ed, in vicinanza del punto di fusione, è confrontabile con quella della cella elementare. Il passaggio anortite  $\rightarrow$  disanortite è chiamato *trasformazione distrattiva*.

Considerando i due strati disanortite ed anortite e gli smistamenti a circa 10 % An (*stato peristeritico*) ed a circa 50 % An (*stato labradoritico*), si possono considerare, dunque, 4 campi di esistenza degli stati: monalbite,

albite, disanortite e anortite nel diagramma di stato per i plagioclasti.

Il problema della composizione dei plagioclasti potrebbe essere un avvertimento a non accettare le soluzioni solide come necessariamente stabili a temperatura ambiente. Ragionevolmente si ritiene che ogni soluzione solida minerale, formatasi a temperature alte, generalmente assunte per la formazione di rocce eruttive e per qualche roccia metamorfica, non ne presenti un'altra stabile a basse temperature, perchè in tale condizione si richiede un ordine considerevolmente maggiore.

ANNA MARIA TOMBA