

GLAUCO GOTTARDI

RECENTI PROGRESSI NEL CAMPO DELLA SINTESI DEI FELDSPATI

RIASSUNTO. — Vengono passati in rassegna i risultati recenti, ed anche alcuni meno recenti, ottenuti nelle sintesi di feldspati e di composti analoghi, e nel trattamento di feldspati naturali in laboratorio.

Introduzione.

Questa relazione è stata scritta allo scopo di dare un quadro aggiornato dei risultati mineralogici ottenuti sui feldspati di sintesi o su feldspati naturali trattati in laboratorio. E' chiaro che in un lavoro del genere si rischia sempre di trascurare qualche risultato: prego il lettore di essere indulgente per l'omissione di qualche lavoro importante che mi sia sfuggito.

Feldspato potassico (OR).

I dati di Luth (1969) sul sistema OR-SiO₂ permettono di ottenere per interpolazione il diagramma P(secca)/T della fig. 1, dal quale si deduce che al di sopra di 19 kb la leucite non è più stabile e che, probabilmente, ogni ulteriore aumento di P aumenta la T di fusione di OR. Nel campo del solido sono riportati i nomi delle diverse fasi in modo puramente indicativo, poichè in assenza di H₂O le trasformazioni Ordine → Disordine (O → D) non avvengono che a T molto elevata.

Dai dati sul sistema OR-AB (vedi più avanti) si può interpolare il diagramma P(H₂O)/T della fig. 2, il cui confronto con quello della fig. 1 è illuminante: è evidente il ben noto abbassamento della T di fusione all'aumentare di P(H₂O), e la rapida scomparsa del campo della

leucite. In questo diagramma è riportato anche il limite massimo di stabilità della fase ordinata (microclino) secondo Tomisaka (1962): al di sopra delle T indicate, la trasformazione $O \rightarrow D$ avviene distintamente in presenza di $P(H_2O)$. Il limite inferiore della fase disordinata (sanidino) invece non è noto. La trasformazione $D \rightarrow O$ non è mai stata fatta in modo completo con OR. Euler e Hellner (1961) dopo un riscaldamento di 45 giorni a $500^\circ C$ notarono solo una debole tendenza alla

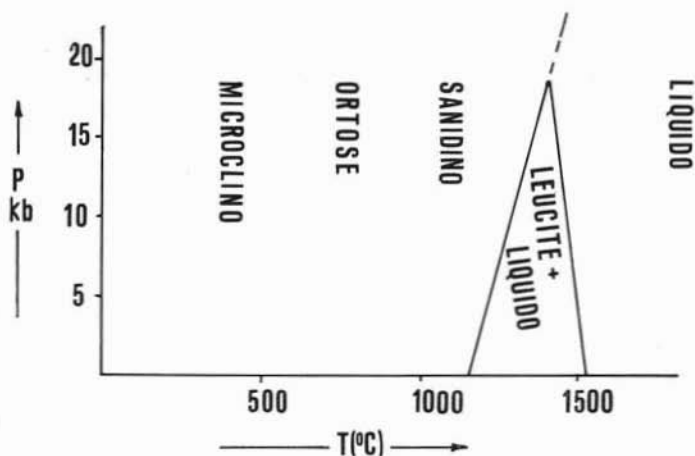


Fig. 1. — Diagramma $P(\text{secca})/T$ di OR dedotto dai dati di Luth (1969). I limiti microclino-ortose-sanidino non sono stati determinati in assenza di H_2O .

triclinizzazione. Al recente congresso di Tokyo dell'International Mineralogical Association, Takuko Kume e Koizumi hanno annunciato di aver ottenuto per azione di forti pressioni orientate su vetri di OR, strutture a graticcio simili a quelle del microclino: può darsi che la pressione orientata rappresenti un agente che faciliti la trasformazione $D \rightarrow O$, ma si tratta per ora di una notizia puramente indicativa. Molto al di sopra delle pressioni rappresentate nei due diagrammi già visti, e precisamente oltre 120 kb, OR dà, secondo Ringwood, Reid e Wadsley (1967), una fase tetragonale con struttura tipo hollandite o criptomelano KMn_4O_8 , a volta simile a quella del rutilo (e della stishovite!); in tale fase Al ed Si hanno coordinazione 4.

Si noti poi che il composto $K[AlGe_3O_8]$ a pressione normale dà (Kume, Matsumoto e Koizumi, 1966) una fase simile al sanidino con densità 3,9, ma oltre 25 kb dà una fase di densità 5 e con struttura tipo criptomelano. Il fatto che la pressione limite sia molto più bassa per la fase germanata (25 kb anziché 120 kb), rende chiaro che in generale lo studio delle fasi germanate può far «risparmiare» pressione nello studio delle trasformazioni polimorfiche dei feldspati.

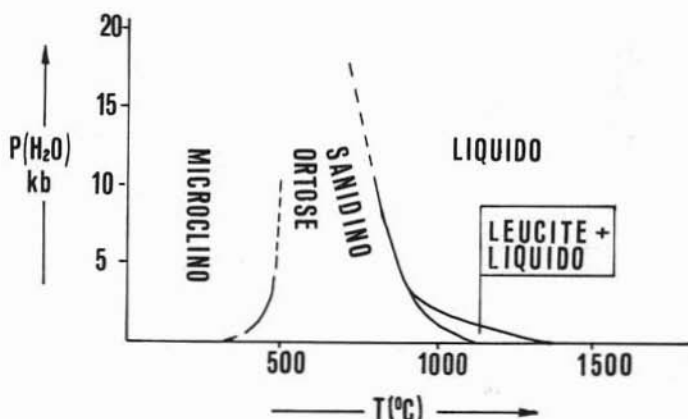


Fig. 2. — Diagramma $P(H_2O)/T$ di OR, dedotto dai diagrammi binari dalla fig. 5. Il limite microclino-ortose è quello di Tomisaka (1962).

Wones e Appleman (1963) hanno dimostrato che il composto $K[FeSi_3O_8]$ dà due fasi, l'una al di sopra di $704^\circ C$, disordinata e detta ferrisanidino, l'altra al di sotto di $704^\circ C$, ordinata e detta ferrimicroclino; la trasformazione è netta e non graduale; il ferrimicroclino presenta il tipico geminato a graticcio del microclino. Si pensava che tali fasi potessero essere utili per trarre deduzioni valide anche per le fasi di OR, ma Eberhard (1965) ha dimostrato che tra $K[AlSi_3O_8]$ e $K[FeSi_3O_8]$ esiste una lacuna di miscibilità tra il 10 ed il 60% di ferrifeldspato, cosicchè certamente la somiglianza tra le due strutture non è poi tanta.

Feldspato sodico (AB).

Del già citato lavoro di Luth (1969) si può dedurre il diagramma $P(\text{secca})/T$ di AB (vedi fig. 3), e dai diagrammi OR-AB (vedi più avanti) il diagramma $P(\text{H}_2\text{O})/T$ (vedi fig. 4); il loro confronto permette deduzioni simili già viste per i due diagrammi analoghi di OR. Al secondo manca il limite albite-analbite che però verrà determinato

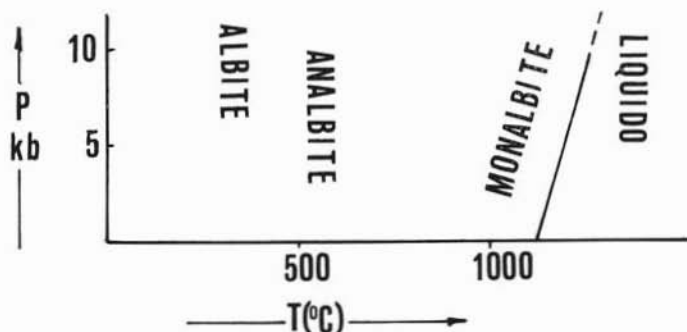


Fig. 3. — Diagramma $P(\text{secca})/T$ di AB, dedotto dai dati di Luth (1969).

certamente nel prossimo futuro, visto che è riuscita la sintesi dell'albite ordinata, o meglio la trasformazione in ambiente idrotermale analbite $\rightarrow$ albite. Già nel 1957 McKenzie con riscaldamenti per 2500 ore a 500°C era riuscito ad ottenere albiti discretamente ordinate, ed Eberhard (1967) aveva ripetuto l'esperienza.

La trasformazione è riuscita meglio a Martin (1967, 1969 *a* e *b*).

La sua sintesi idrotermale parte da vetri costituiti da miscele $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8] = \text{AB}$ con $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5 = \text{DS}$: secondo un suggerimento di Luth e Tuttle (1966) un difetto di Al_2O_3 avrebbe dovuto facilitare l'ordinamento, e così fu. Nel complesso i numerosi dati di Martin possono essere così riassunti:

Temperatura: le fasi più ordinate si hanno verso i 400°C ; intorno ai 600°C ad 1 kb oppure a 700°C a 10 kb si hanno già fasi notevolmente disordinate.

Pressione: un aumento di pressione facilita l'ordinamento.

Eccesso di DS: il 5% in peso di DS rende possibile la sintesi della fase ordinata; maggiori quantità non danno vantaggi.

Tempo: dopo circa 1000 ore a 550°C ed 1 kb in presenza di DS si ha una fase molto ordinata (poco ordinata in assenza di DS) che, forse, può ordinarsi ancor di più.

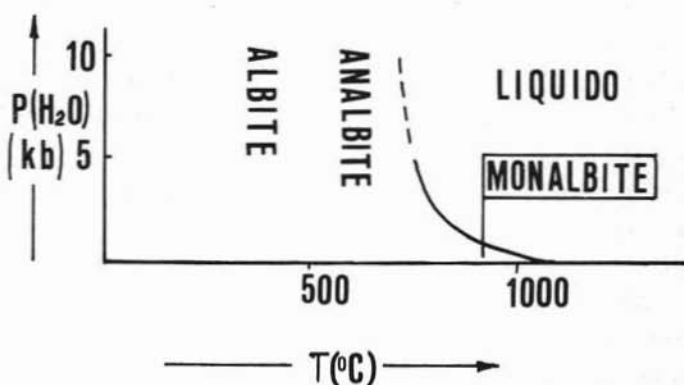


Fig. 4. — Diagramma $P(H_2O)/T$ di AB, dedotto dai diagrammi binari della fig. 5.

Acqua: una piccola percentuale è essenziale, un suo aumento oltre un certo limite non ha effetto.

Con un seguente accurato studio, che comprendeva esami all'infrarosso, Martin (1970) ha precisato che le sue albite erano proprio ordinate e non contenevano ossidrili.

Il fatto che il DS faciliti la trasformazione $D \rightarrow O$ nel AB, richiama facilmente alla mente che, sebbene il DS non dia minerali, l'ipotesi della sua presenza in fase fluida durante il migmatismo è stata avanzata da lungo tempo.

La sintesi dell'albite ordinata è poi riuscita indipendentemente a Raase e Kern (1969), che hanno pubblicato i loro risultati senza conoscere quelli di Martin. Raase e Kern hanno trovato che anche una pic-

cola quantità di ferro può servire a facilitare la sintesi della fase ordinata, ed hanno ottenuto fasi ben ordinate sui 400°C nel giro di 1000 h, mentre con temperature più alte hanno ottenuto fasi intermedie: oltre i 700°C si hanno fasi molto disordinate; la sintesi è idrotermale a partire da vetri, a circa 1 kb.

Secondo Raase e Kern, l'ordine completo nelle loro condizioni si ha a temperature inferiori a 400°C; essi trovano poi una buona correlazione tra grado d'ordine determinato per via ottica e per via roentgenografica, mentre Wenk (1969) afferma al contrario che è possibile osservare a $840^{\circ} \pm 20^{\circ}\text{C}$ un netto limite per un oligoclasio riscaldato idrotermalmente: più in alto si ha un'ottica «disordinata», più in basso un'ottica «ordinata», pur avendosi in entrambi i casi una cristallografia da albite disordinata.

Anche per l'albite è prevedibile ad alta pressione una fase con struttura tipo hollandite; infatti, anche se tale fase non risulta ancora sia stata ottenuta, Ringwood Reid e Wadsley (1967) e Kume, Ueda e Koizumi (1969) hanno dimostrato che tale struttura è assunta da $\text{Na}[\text{AlGe}_3\text{O}_8]$ a 25 kb.

Ricordiamo tra i minerali di struttura simile all'albite, la reedmergnerite (Milton, Chao, Axelrod, Grimaldi, 1960) analogo col boro, che è completamente ordinato (Appleman e Clark, 1965), come lo sono pure quelli ottenuti per sintesi a 30 kb da Eugster e Mc Iven (1959).

Feldspato calcico (AN).

E' ben noto che la struttura dell'anortite è sempre ordinata, e che le due anortiti di A.T. e di B.T. differiscono per la distribuzione degli atomi di Ca. Quindi da questo punto di vista non vi sono nuove acquisizioni. Arndt (1970) ha stabilito che ad alta pressione (150 kb, 900°C) esiste una fase rombica con $D = 3,43$ (anortite $D = 2,76$) con struttura nella quale dati di assorbimento infrarosso indicano che Si ha coordinazione 4, ed Al coordinazione 6. Si ricordi poi che al di sopra di 900°C e di 20 kb l'anortite si dissocia in grossularia + cianite + quarzo.

Il sistema OR-AB.

Riportiamo dapprima, per completezza, i diagrammi isobari OR-AB a quattro diverse pressioni 1 b 1 kb 2 kb 5 kb (fig. 5). Osserviamo poi che secondo Laves (in Bambauer 1966), la miscibilità OR-AB è minore tra le fasi ordinate che non tra quelle disordinate.

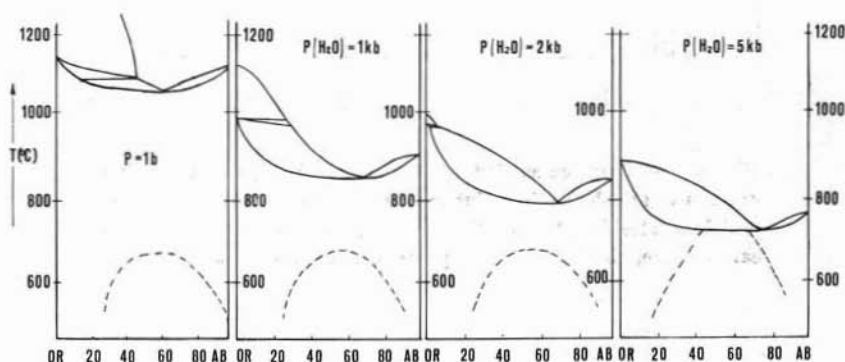


Fig. 5. — Diagrammi OR-AB isobari a quattro valori di $P(H_2O)$: 1b (Schaier, 1950), 1kb and 2kb (Bowen e Tuttle, 1950), 5kb (Yoder et al., 1957).

Luth e Tuttle (1966) trovano che la miscibilità OR-AB è minore in presenza di eccesso di silicati alcalini, maggiore in presenza di eccesso di allumina, ed interpretano giustamente questo fatto come segue: un eccesso di silicati alcalini favorisce l'ordine, l'ordine fa aumentare la lacuna di miscibilità. Questo asserto si è dimostrato vero per la prima parte (e Martin vi prese lo spunto per la sua sintesi dell'albite ordinata), quindi può essere considerato vero anche per la seconda (vedi fig. 6). Luth e Tuttle dimostrano poi che la pressione ha un drastico effetto nel diminuire la miscibilità, cioè un aumento di pressione allarga la lacuna di miscibilità (vedi fig. 7) e ciò in contrasto con quanto era stato affermato precedentemente.

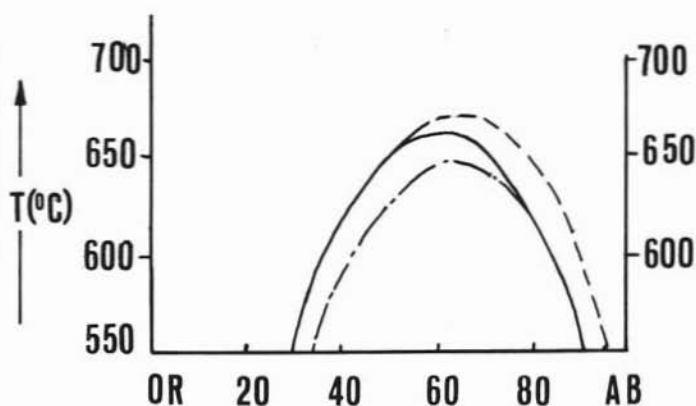


Fig. 6. — Diagramma OR-AB isobaro a $P(\text{H}_2\text{O}) = 2\text{ kb}$; linee di solvus secondo Luth e Tuttle (1966): linea continua per composizioni stechiometriche, linea tratteggiata con eccesso di alcali e silice, linea a tratto e punto con eccesso di allumina.

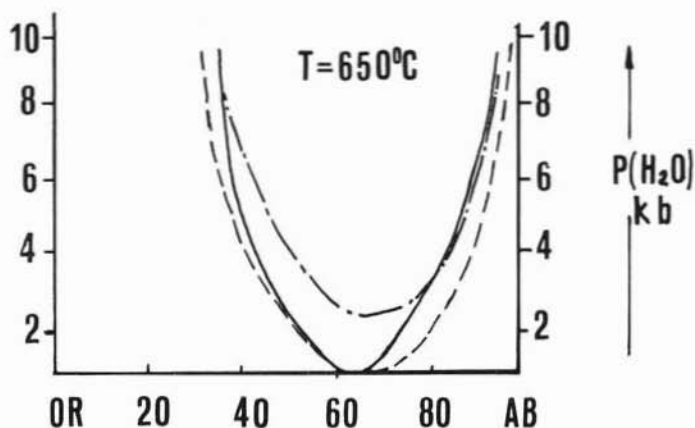


Fig. 7. — Diagramma OR-AB isoterma a 650°C ; linee di solvus secondo Luth e Tuttle (1966): linea continua per composizioni stechiometriche, linea tratteggiata con eccesso di alcali e silice, linea a tratto e punto con eccesso di allumina.

Il sistema OR-AN.

Riportiamo per completezza il diagramma OR-AN (fig. 8) sotto pressione; a pressione ambiente il diagramma è reso complicato dalla presenza della leucite dal lato OR.

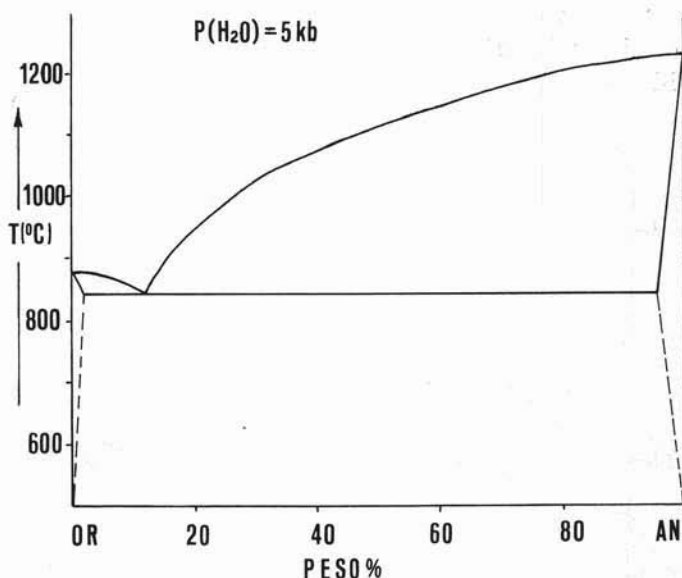
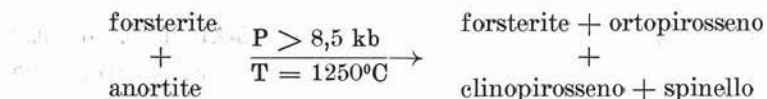


Fig. 8. — Diagramma OR-AN isobaro a $P(\text{H}_2\text{O}) = 5\text{ kb}$, da Yoder et al. (1957).

Il sistema AB-AN.

Non vi sono variazioni in questo diagramma, nè sono state fatte sintesi nuove di plagioclasti ordinati. Per completezza riportiamo il diagramma AB-AN sotto due diverse pressioni, secondo Bowen (1911) e Yoder et al. (1957), come riportati da Bambauer (1966) (fig. 9). Green e Hibberson (1970) riportano dati sull'instabilità dei plagio-

clasi ad alta pressione in presenza di altri minerali. Si hanno ad esempio le seguenti reazioni:



Con una composizione « peridotitica » (olivina + ortopirosseno + clinopirosseno + plagioclasio + spinello) a 1200°C , al di sopra di 10 kb scompaiono i plagioclasii, al di sotto di questa pressione scompaiono gli spinelli e a volte anche i pirosseni.

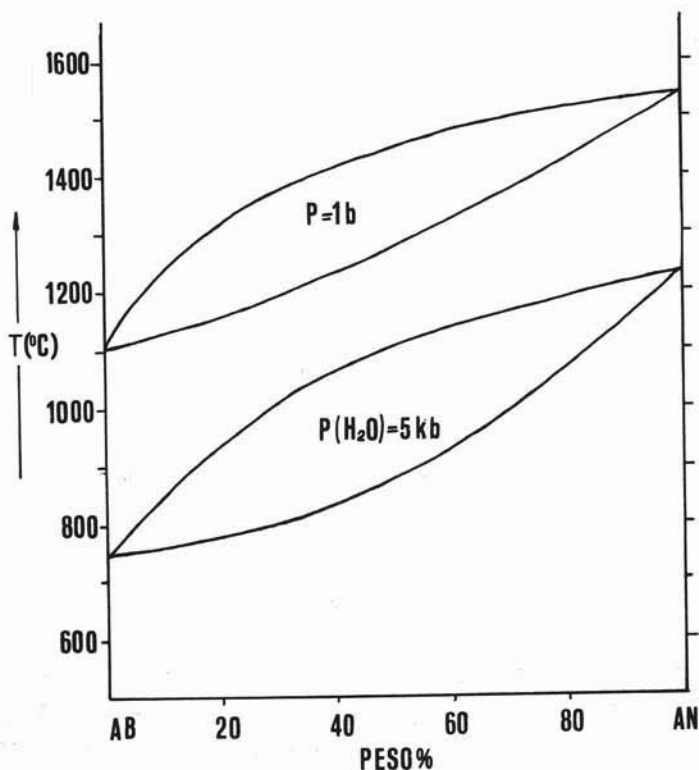


Fig. 9. — Sovrapposizione di diagrammi AB-AN isobari a $P = 1b$ (Bowen, 1911) $P(\text{H}_2\text{O}) = 5kb$ (Yoder et al., 1957).

Il sistema OR-AB-AN.

Notiamo dapprima che questo sistema, come quelli ternari in genere, può venire descritto in modo pratico ed abbastanza completo in due sole dimensioni con diagrammi isobari di due tipi: l'uno rappresentante la superficie di liquidus, l'altra quella di solvus (quella di solidus è meno importante). Per la superficie di liquidus non vi sono dati recenti: per $P = 1$ b il diagramma (fig. 10) è quello di Franco e

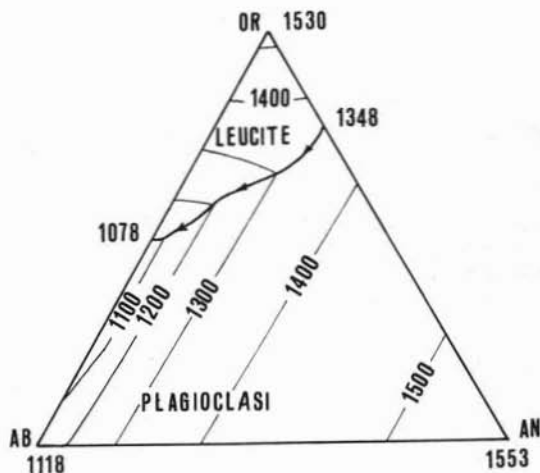


Fig. 10. — Superficie liquidus nel diagramma triangolare OR-AB-AN isobaro a $P = 1$ b (Franco e Schairer, 1951).
Le cifre indicano temperature in $^{\circ}\text{C}$.

Schairer (1951), per $P(\text{H}_2\text{O}) = 5$ kb ho disegnato (fig. 11) un diagramma per interpolazione dai tre diagrammi binari già visti, dato che non ho trovato in letteratura il diagramma ternario sperimentale; il diagramma da me « inventato » non può comunque essere molto lontano dalla realtà. Per quanto riguarda i diagrammi di solvus, essi sono stati pubblicati recentemente da Iiyama (1966)* e da Seck (1971). Iiyama opera partendo da un plagioclasio sintetico privo di OR, sottoponendolo ad un trattamento idrotermale con $P(\text{H}_2\text{O}) = 1$ kb con soluzioni a rapporto K/Na variabile. I suoi risultati sono illustrati nelle fig. 12, 13 e 14. Si noti che scopo principale di questa ricerca era di

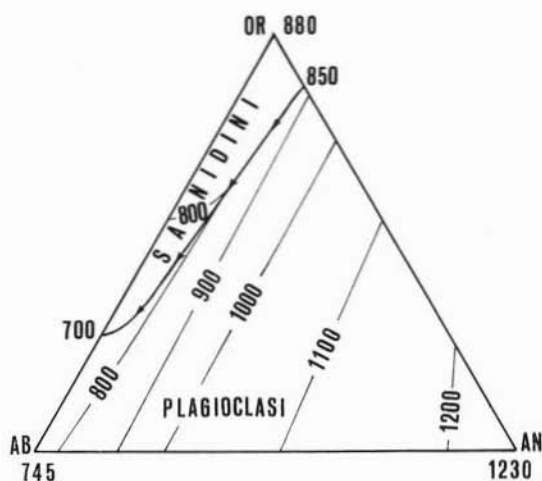


Fig. 11. — Superfici di liquidus nel diagramma triangolare OR-AB-AN isobaro a $P(\text{H}_2\text{O}) = 5\text{kb}$ (interpolazione tra i tre diagrammi binari). Le cifre indicano temperature in $^{\circ}\text{C}$.

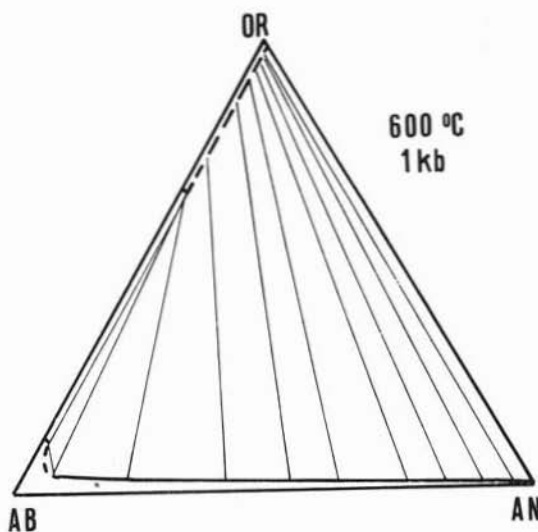


Fig. 12. — Diagramma triangolare OR-AB-AN isobaro a $P(\text{H}_2\text{O}) = 1\text{kb}$ ed isoterma a 600°C : linee di solvus e rette che congiungono coppie di feldspati in equilibrio (Iiyama, 1966).

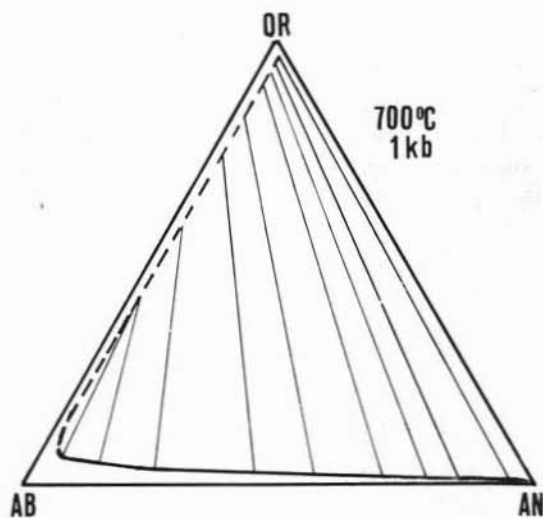


Fig. 13. — Diagramma analogo a quello della fig. 12, ma relativo all'isoterma di 700°C.

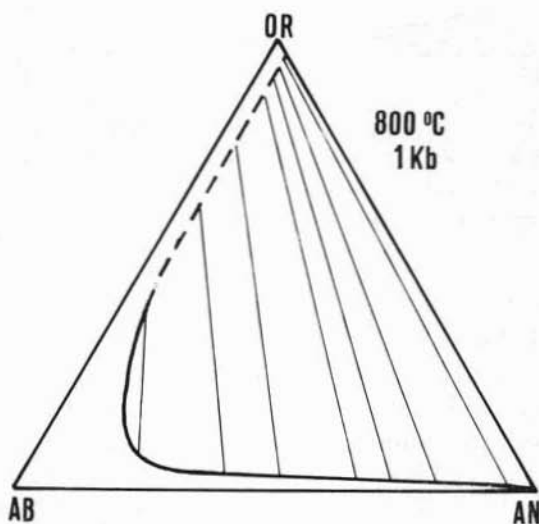


Fig. 14. — Diagramma analogo a quello della fig. 12, ma relativo all'isoterma di 800°C.

stabilire la posizione delle rette che congiungono coppie di feldspati in equilibrio, e non di stabilire i limiti dei campi ad un feldspato, che infatti sono dati in parte come ipotetici.

Seck (1971), dopo aver dimostrato che nel lavorare in questo sistema ternario si ottengono gli stessi risultati sia partendo da materiali cristallini, sia da gel, presenta tre diagrammi isotermi a 650°C, fatti a tre $P(\text{H}_2\text{O})$ diverse, 1 kb, 5 kb, 10 kb. I risultati, tenendo conto della

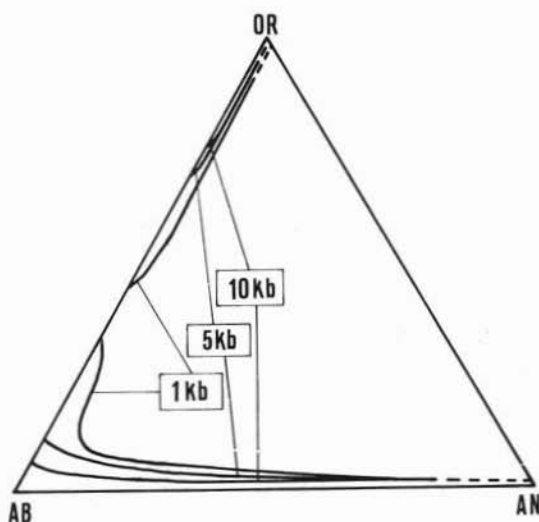


Fig. 15. — Diagramma triangolare OR-AB-AN isoterma a 650°C, con le linee di solvus isobare a 1kb, 5kb, 10kb secondo Seck (1971). Nella nota originale sono riportate anche le rette che congiungono coppie di feldspati in equilibrio.

diversa temperatura, sono comparabili con quelli di Iiyama (1966) a $P(\text{H}_2\text{O}) = 1$ kb. La posizione delle rette che collegano feldspati in equilibrio e le linee di solvus cambiano al cambiare della pressione, in accordo con i risultati di Luth e Tuttle (1966) per il sistema binario OR-AB, escludendo così la possibilità di usare il « termometro a due feldspati » di Barth. Si noti che tanto i risultati di Iiyama che quelli di Seck risultano validi solo per le fasi disordinate, dato che tali sono i feldspati che si ottengono nelle condizioni idrotermali da entrambi usate; con feldspati ordinati le linee di solvus, e forse anche le rette che congiungono cristalli in equilibrio, probabilmente cambierebbero di posizione.

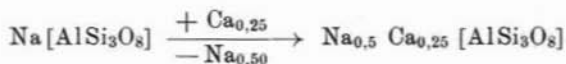
Scambi cationici su feldspati.

A Laves (1951) e Wyart e Sabatier (1956) sono riuscite le trasformazioni albite $\rightleftharpoons$ microclino e analbite $\rightleftharpoons$ adularia (o sanidino?) per azione del KCl o NaCl fuso a 900°C; le trasformazioni in ambiente idrotermale sembrano invece meno facili: infatti se si opera a temperatura elevata lo scambio avviene, ma contemporaneamente il materiale si disordina e si ottiene sempre la fase D; operando a temperatura bassa lo scambio cationico è scarso e lento.

Wyart e Sabatier (1958) hanno stabilito addirittura la possibilità di esistenza di un « plagioclasio potassico » ottenuto per scambio da una labradorite, nella quale tutto il sodio viene sostituito dal potassio a secco, per trattamento con KCl fuso: ovviamente la fase è metastabile.

Per via idrotermale tale fase non si ottiene, non solo; ma trattando idrotermalmente la fase metastabile ottenuta per via secca, si ha il suo smescolamento in anortite + sanidino.

Interessante anche l'altra ricerca di Wyart e Sabatier (1965) con la quale ottennero lo scambio (qui un po' schematizzato)



ed il susseguente disproporzionamento



Da un'albite pura si ottiene un termine di miscela tra l'albite e la cosiddetta « molecola di Schwantke » $\text{Ca}_{0,5}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$; tale sostituzione con successivo disproporzionamento è la realizzazione sperimentale di una reazione invocata oltre mezzo secolo fa appunto dallo Schwantke per spiegare la formazione delle mirmekiti.

Feldspati non stechiometrici.

In via teorica sarebbero possibili i seguenti tipi di feldspati non stechiometrici:

- A con difetto di K, Na, Ca (e quindi con eccesso Al + Si);
- B con eccesso di K, Na, Ca (e quindi con difetto Al + Si);

- D con difetto di Al (e quindi con eccesso $(K, Na, Ca) + Si$);
 E con eccesso di Al (e quindi con difetto $(K, Na, Ca) + Si$);
 F con difetto di Si (e quindi con eccesso $(K, Na, Ca) + Al$);
 G con eccesso di Si (e quindi con difetto $(K, Na, Ca) + Al$).

I plagioclasti contenenti la « molecola di Schwantke », ottenuti per scambio da Wyart e Sabatier (1965), rappresentano il tipo A.

Bhatty, Gard e Glasser (1970) hanno studiato il tipo E; essi rilevano che nella cristallizzazione di anortite da vetri, partendo dalla composizione stechiometrica si ottiene sola anortite; partendo da un vetro con eccesso di Al_2O_3 , si ottiene anortite più corindone ma solamente al di sopra di $1250^\circ C$: al di sotto si formano solo cristalli omogenei di anortiti, caratterizzati da una fitta geminazione submicroscopica Albite-Carlsbad: per riscaldamento oltre i $1250^\circ C$ i cristalli si smescolano in anortite normale + corindone. Questi autori fanno varie ipotesi sulle posizioni di questi Al in eccesso, senza però sostenerle con alcun esperimento.

Le ricerche di Bruno e Gazzoni (1970) e Bruno (1970) danno esempi di feldspati non stechiometrici del tipo A(?) e del tipo G, ma si riferiscono in verità a « feldspati » di Pb, Sr, Ba; altre ricerche in corso (comunicazione personale di Bruno) indicano che eccessi di Si si possono avere anche nelle anortiti.

Modena, Istituto di Mineralogia e Petrologia dell'Università, maggio 1971.

BIBLIOGRAFIA

- APPLEMAN D. E. e CLARK J. R. (1965) - *Crystal structure of reedmergnerite, a boron albite, and its relation to feldspar crystal chemistry*. Amer. Mineral. 50, 1827-1850.
- ARNDT J. (1970) - *A new high-pressure polymorph of calcium feldspar*. Naturwissenschaften 57, 543.
- BAMBAUER H. U. (1966) - *Feldspat-Familie*, in Tröger: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Stuttgart.
- BHATTY M. S. Y., GARD J. A. e GLASSER F. P. (1970) - *Crystallization of anorthite from $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ glasses*. Miner. Mag. 37, 780-789.
- BRUNO E. (1970) - *Sulla non stechiometria nei feldspati*. Atti Accad. Sci. Torino 105, 97-108.
- BRUNO E. e GAZZONI G. (1970) - *Feldspati sintetici della serie $Sr[Al_2Si_2O_6]$ - $Pb[Al_2Si_2O_6]$* . Period. Mineral. 39, 245-253.

- EBERHARD E. (1965) - *Das System $K[FeSi_3O_8] - K[AlSi_3O_8] - H_2O$ mit Untersuchungen über die Mikroklin-Sanidin-Beziehungen*. *Tscher. Min. Petr. Mitt.* [3] 10, 400-408.
- EBERHARD E. (1967) - *Zur Synthese der Plagioklase*. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 47, 385-398.
- EULER R. e HELLNER E. (1961) - *Hydrothermale und röntgenografische Untersuchungen an gesteinsbildende Mineralen. VI. Über hydrothermal hergestellten triklinen K-Feldspat*. *Z. Kristallogr.* 115, 433-438.
- FRANCO R. R. e SCHAIRER J. F. (1951) - *Liquidus temperatures in mixtures of the feldspars of soda, potash and lime*. *J. Geol.* 59, 259-257.
- GREEN D. H. e HIBBERSON W. H. (1970) - *The instability of plagioclase in peridotite at high pressure*. *Lithos* 3, 209-221.
- IYAMA J. T. (1966) - *Contribution à l'étude des équilibres sub-solidus du système ternaire orthose-albite-anorthite à l'aide des réactions d'échange d'ions Na-K au contact d'une solution hydrothermale*. *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.* 89, 442-454.
- KUME S., MATSUMOTO T. e KOIZUMI M. (1966) - *Dense form of germanate orthoclase $K[AlGe_3O_8]$* . *J. Geophys. Res.* 71, 4999-5000.
- KUME S., UEDA S. e KOIZUMI M. (1969) - *Synthesis and phase change of germanate albite under pressure*. *J. Geophys. Res.* 74, 2145-2147.
- LAVES F. (1951) - *Artificial preparation of microcline*. *J. Geol.* 59, 511-512.
- LUTH W. C. (1969) - *The systems $Na[AlSi_3O_8] - SiO_2$ and $K[AlSi_3O_8] - SiO_2$ to 20 kb and the relationship between H_2O content, $P(H_2O)$ and $P(total)$ in granitic magmas*. *Am. J. Sci.* 267A, 325-341.
- LUTH W. C. e TUTTLE O. F. (1966) - *The alkali feldspars solvus in the system $Na_2O - K_2O - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$* . *Am. Mineral* 51, 1359-1373.
- MARTIN R. F. (1967) - *The synthesis of low albite*. *Trans. Am. Geophys. Union* 48, 225-226.
- MARTIN R. F. (1969) - *The hydrothermal synthesis of low albite*. *Contr. Mineral. Petr.* 23, 323-339.
- MARTIN R. F. (1969) - *Effect of fluid composition on structural state of alkali feldspars*. *Trans. Am. Geophys. Union* 50, 350.
- MARTIN R. F. (1970) - *Cell parameters and infrared absorption of synthetic high and low albites*. *Contrib. Mineral. Petr.* 26, 62-74.
- MCKENZIE W. M. (1957) - *The crystalline modifications of $Na[AlSi_3O_8]$* . *Am. J. Sci.* 255, 481-516.
- MILTON C., CHAO E. C. T., AXELROD J. M. e GRIMALDI F. S. (1960) - *Reedmergnerite, $Na[B_2Si_2O_8]$, the boron analogue of albite, from the Green River formation, Utah*. *Am. Mineral.* 45, 188-199.
- RAASE P. e KERN H. (1969) - *Über die Synthese von Albiten bei Temperaturen von 250 bis 700°C*. *Contr. Mineral. Petr.* 21, 225-237.
- RINGWOOD A. E., REID A. F. e WADSLEY A. D. (1967) - *High pressure transformation of alkali aluminosilicates and aluminogermanates*. *Earth Planet. Sci. Letters* 3, 38-40.
- RINGWOOD A. E., REID A. F. e WADSLEY A. D. (1967) - *High pressure $K[AlSi_3O_8]$, an aluminosilicate with sixfold coordination*. *Acta Cryst.* 23, 1093-1095.

- SECK H. A. (1971) - *Der Einfluss des Drucks auf die Zusammensetzung koexistierender Alkalifeldspate und Plagioklase im System $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ - $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ - $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ - H_2O* . Contr. Mineral. Petr. 31, 67-86.
- TOMISAKA T. (1962) - *On order-disorder transformation and stability range of microcline under high water vapour pressure*. Min. J. Japa 3, 261-281.
- WENK H. R. (1969) - *Annealing of oligoclase at high pressure*. Am. Mineral. 54, 95-100.
- WYART J. e SABATIER G. (1956) - *Transformations mutuelle des feldspaths alcalins. Reproduction du microcline et de l'albite*. Bull. Soc. franç. Minér. Crist. 79, 574-581.
- WYART J. e SABATIER G. (1958) - *Mobilité des ions silicium et aluminium dans les cristaux de feldspath*. Bull. Soc. franç. Minér. Crist. 81, 223-226.
- WYART J. e SABATIER G. (1965) - *Réaction des feldspaths alcalins avec des solutions hydrothermales de CaCl_2* . C. R. Paris 260, 1681-1685.
- WONES D. R. e APPLEMAN D. E. (1963) - *Properties of synthetic triclinic $\text{K}[\text{FeSi}_3\text{O}_8]$, Iron-microcline, with some observations on the Iron-microcline Iron-sanidine transition*. J. Petrol. 4, 131-137.
- YODER H. S., STEWART D. B. e SMITH J. R. (1957) - *Ternary feldspars*. Carnegie Inst. Wash., Yearbook 56, 207-214.