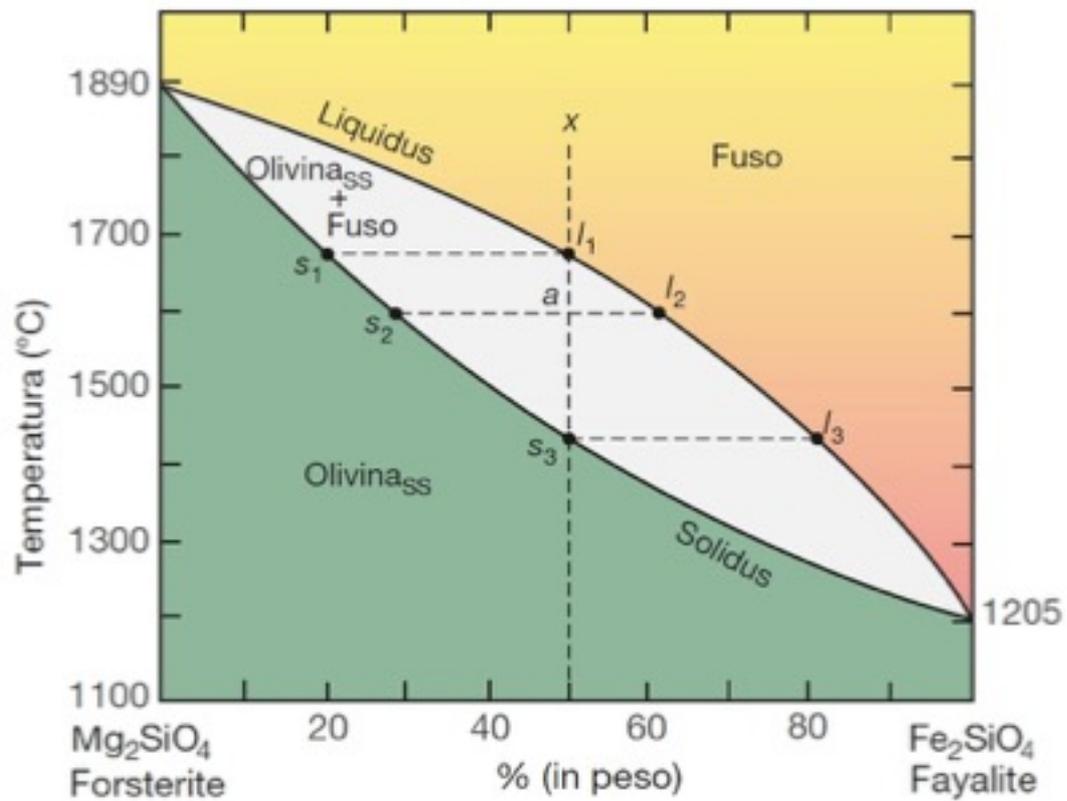


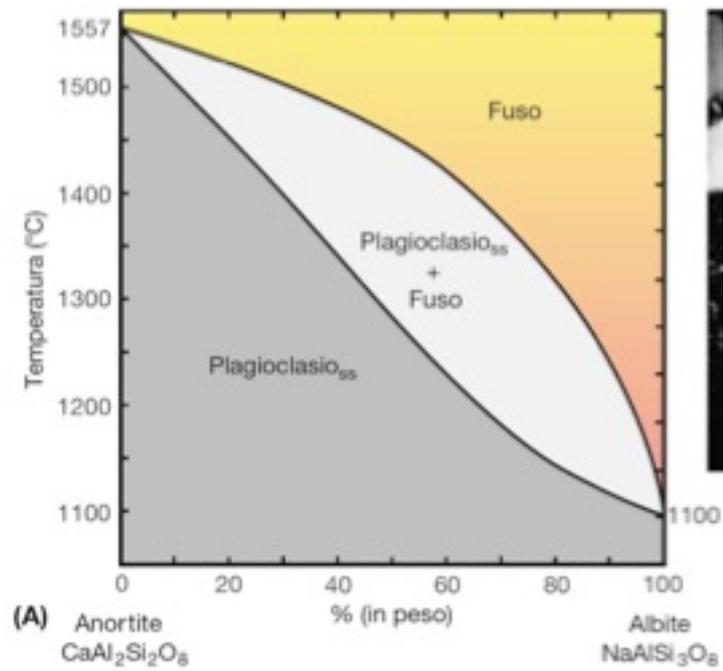
Cristallochimica: isomorfismo

- 1) Dimensione degli ioni vicarianti
- 2) Carica degli ioni
- 3) Temperatura e pressione
- 4) Grado di simmetria della struttura

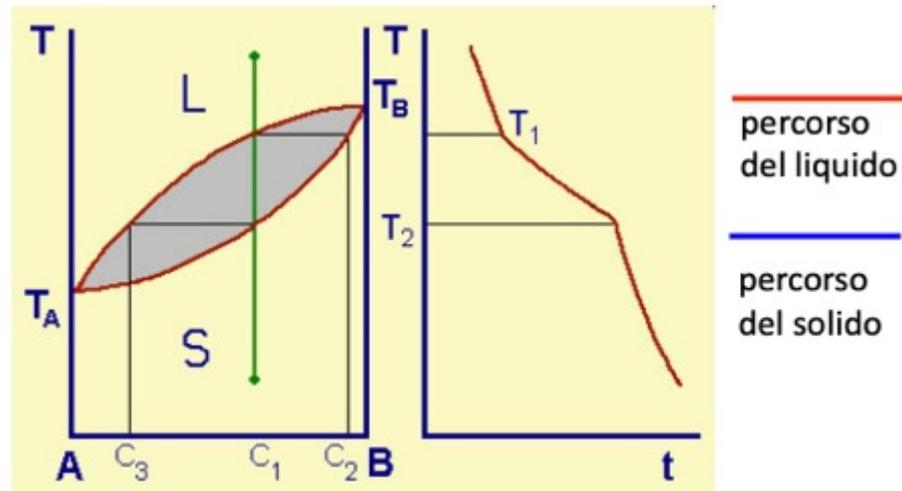
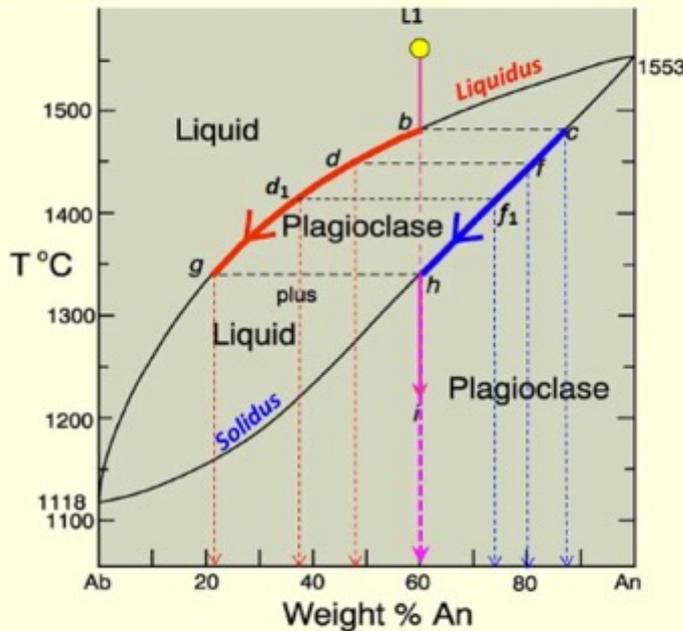
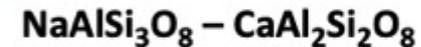
Soluzioni solide complete: olivine, plagioclasti, ecc.

Soluzioni solide parziali: feldspati alcalini





**Diagramma a 2 componenti totalmente miscibili allo stato liquido e solido :
PLAGIOCLASI (Na-Ca Feldspati) SOLUZIONI SOLIDE ISOMORFE Albite - Anortite**



NEL SISTEMA NON CI SONO PUNTI A VARIANZA 0 !!!

CRISTALLIZZAZIONE ALL'EQUILIBRIO = infinitesimi passi di riequilibratura tra L e plag

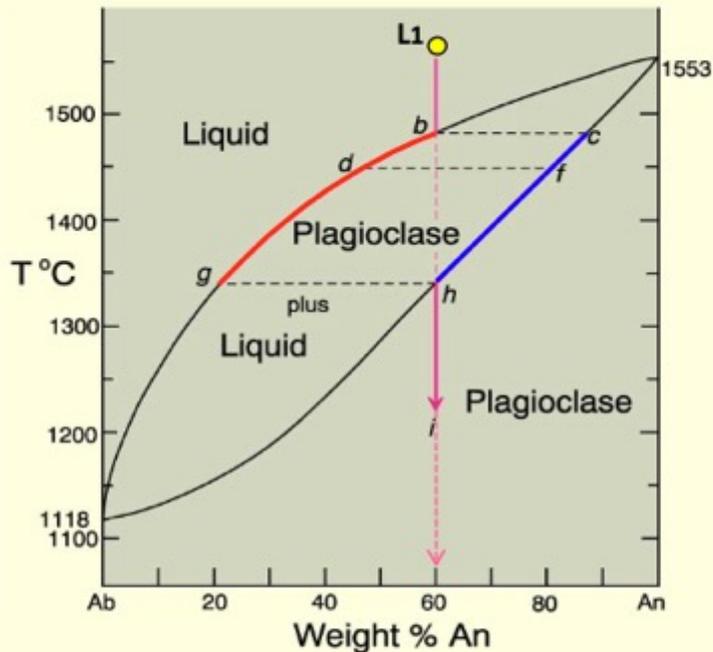
*Partenza liquido **L1** di composizione **An60-Ab40**. Quando il liquido tocca il liquidus ($V=1$) nel punto **b** cristallizza un plag. di composizione **c = An88-Ab12** (molto più ricca in An rispetto al L1 !!!)

* Il liquido è "costretto" a spostarsi lungo la curva di liquidus ($V=1$), cioè al diminuire delle T cambia la composizione diventando più ricco in Ab. Man mano che il liquido cambia di composizione, il plag che cristallizza si riequilibra in continuazione con il liquido e diventa anch'esso più ricco in Ab.

* Per $L = d$ (An48-Ab52) cristallizza un plag di composizione **f** (An80-An20); per $L = d_1$ (An38-Ab62) il plag è **f₁** (An74-Ab36). La cristallizzazione finisce quando $L = g$ (An22-Ab78) e il **plag = h** (An60-An40).

IL PLAG FINALE E' OMOGENEO CON COMPOSIZIONE = AL LIQUIDO DI PARTENZA !

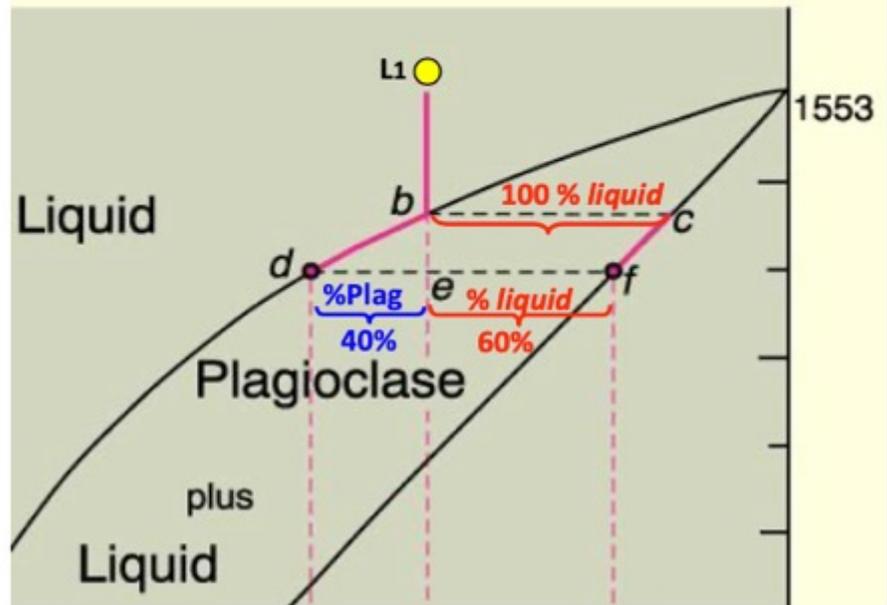
CRISTALLIZZAZIONE ALL'EQUILIBRIO



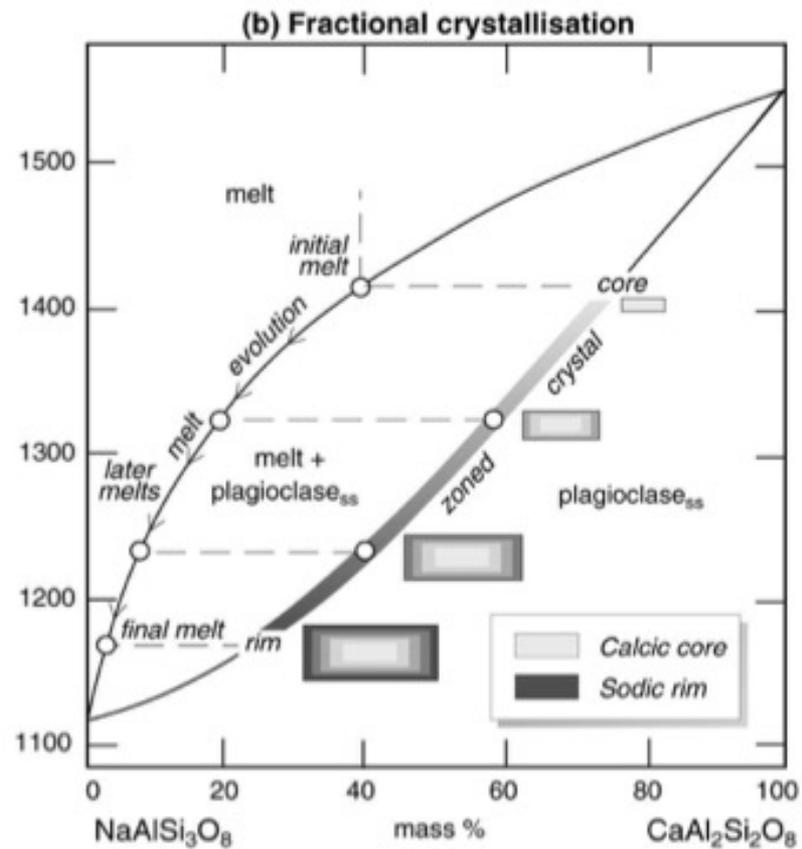
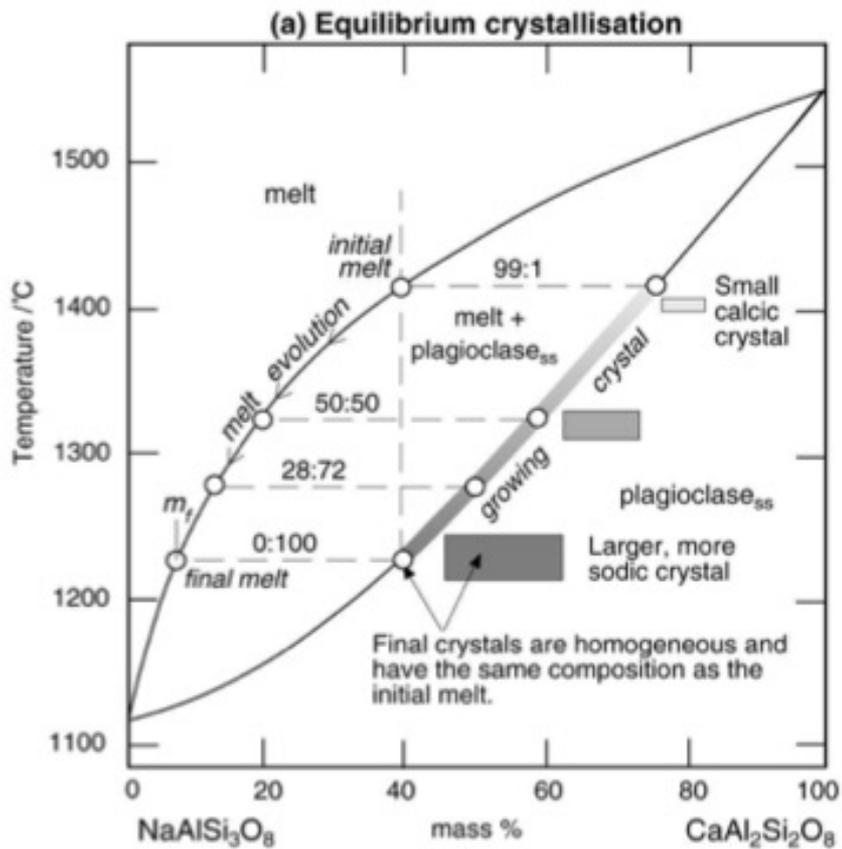
Cristallizzazione all'equilibrio: i cristalli reagiscono continuamente con il liquido ed entrambi si evolvono verso composizioni più ricche in Ab. **Il plagioclasio finale è omogeneo, con composizione uguale al liquido di partenza**

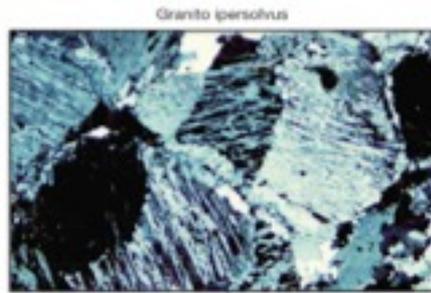
cristallizzazione all'equilibrio = CRISTALLI OMOGENEI = continuo scambio chimico tra fase s.s e liquido al diminuire di T . Velocità raffreddamento liquido < velocità riequilibrio chimica della fase s.s

STIMA RAPPORTO SOLIDO/LIQUIDO



REGOLA DELLA LEVA: permette di definire ad ogni T°(C) la % di solido cristallizzato e quella di liquido residuale





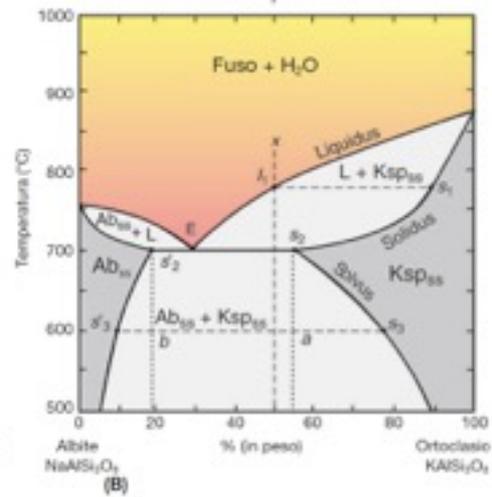
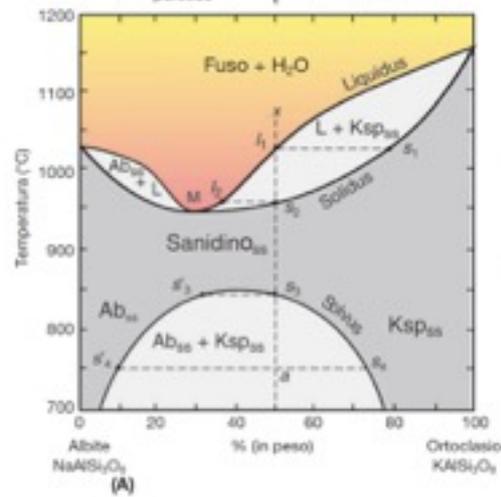
(C) Smicolamento peritico

1 mm

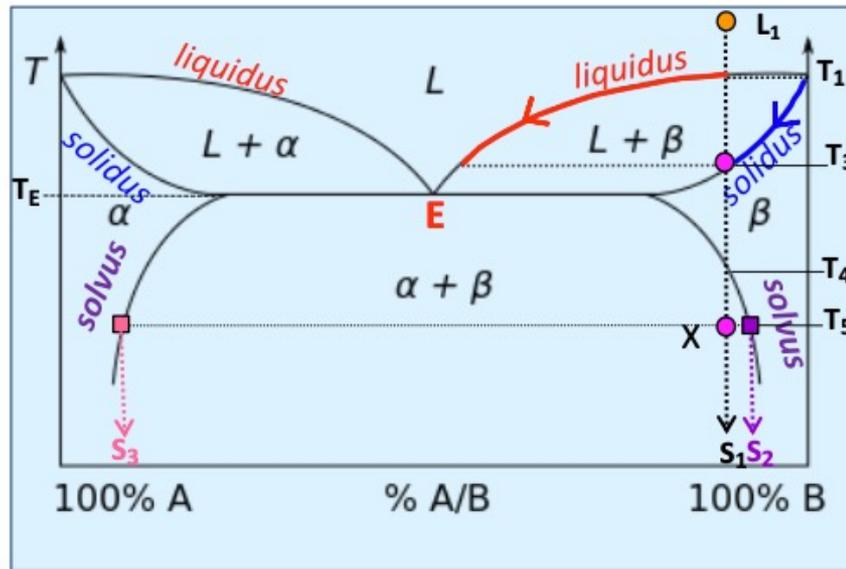


(D) Due feldspati

1 mm



Sistemi a 2 componenti totalmente miscibili allo stato liquido e parzialmente miscibili allo stato solido : soluzioni solide a miscibilità parziale – caso generale



Il Solvus interseca le curve di liquidus e solidus

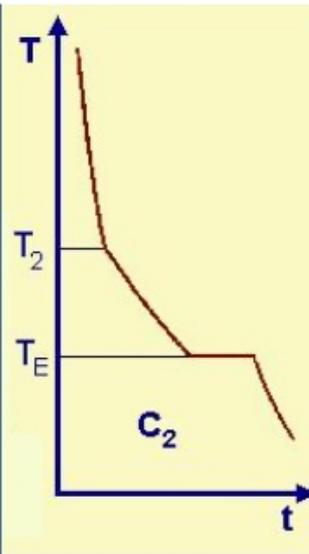
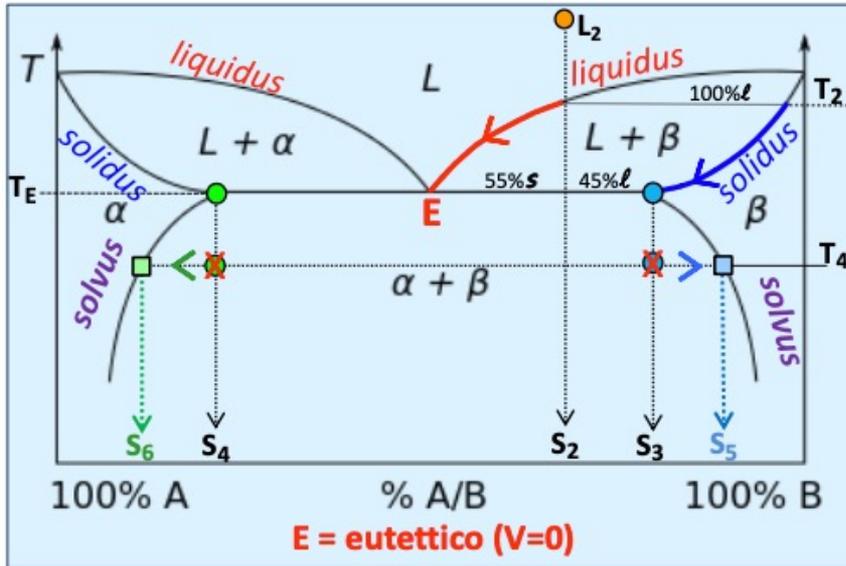
α, β soluzioni solide

Per liquidi di partenza di composizione molto prossima ai componenti puri, tipo L_1 (di composizione S_1), il percorso del liquido e del solido è analogo al caso precedente (vedi An-Ab o Fo-Fa)

Il liquido L_1 inizia a cristallizzare in T_1 e termina in T_3 ; la composizione del solido β via via cambia e per una cristallizzazione all'equilibrio il solido finale β ha composizione $S_1 = L_1$. Per $T < T_3$: raffreddamento

Significato di solvus: durante il raffreddamento, la composizione S_1 del solido β è stabile fino a $T = T_4$, cioè fino a quando non tocca il solvus. La fase β in equilibrio alla $T = T_5$ deve avere composizione S_2 . Per arrivare a questo, la fase β di composizione S_1 espelle (smista / dissolve) dalla sua struttura il componente α di composizione S_3 , acquisendo così la composizione S_2 .

Sistemi a 2 componenti totalmente miscibili allo stato liquido e parzialmente miscibili allo stato solido : soluzioni solide a miscibilità parziale – caso generale



CRISTALLIZZAZIONE ALL'EQUILIBRIO

percorso del liquido (red line)
percorso del solido (blue line)

Solvus =
curva di smistamento
NON esistono
composizioni
all'interno del solvus

α, β soluzioni solide

Il Solvus interseca le curve di liquidus e solidus

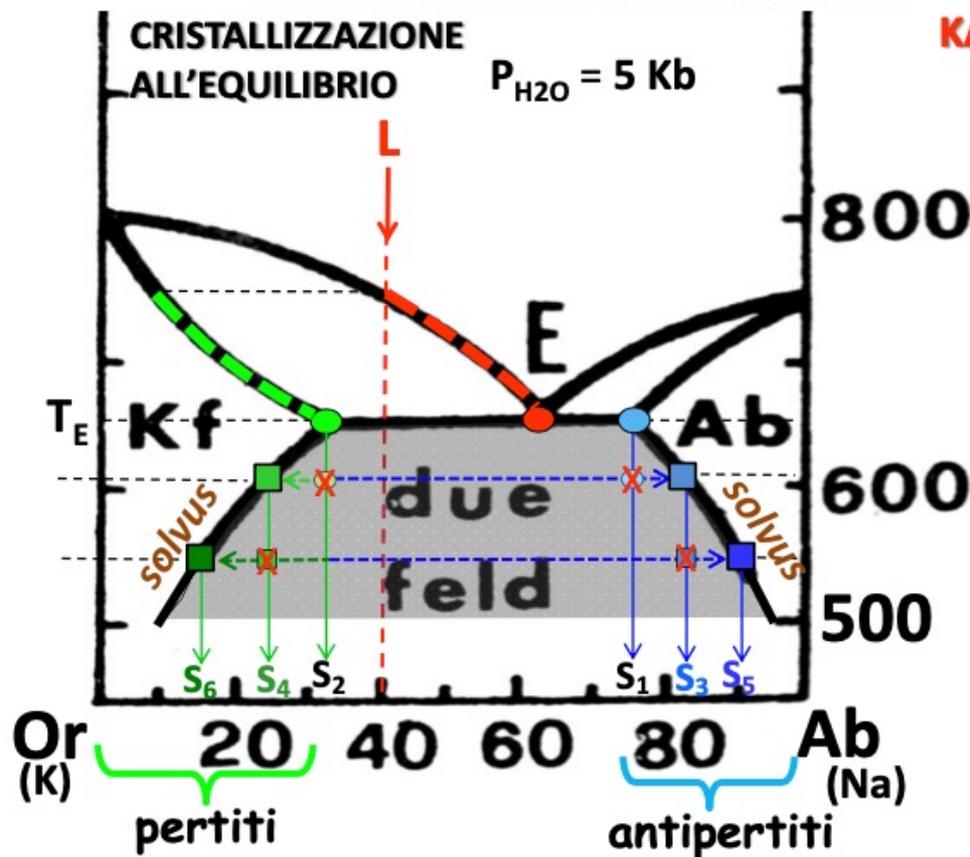
Per liquidi di partenza di composizione compresa tra S_3 e S_4 , es. L_2

Il liquido L_2 inizia a cristallizzare in T_2 producendo un solido β di composizione molto prossima a B. Al proseguire della cristallizzazione L_2 cambia di composizione lungo il liquidus e il solido anche.

Arrivato in E il liquido cristallizza 2 fasi: la fase β di composizione S_3 e la fase α di composizione S_4 . La T resta fissa a T_E (V=0, 3 fasi !!) fino a quando tutto il liquido è cristallizzato.

Durante il raffreddamento, per es. a T_4 , né la fase β di composizione S_3 né la fase α di composizione S_4 sono in equilibrio alla T_4 (cadono all'interno del solvus!). Il processo di equilibratura comporta che il solido S_3 cambia la sua composizione in S_5 essolvendo il componente α di composizione S_6 ; parallelamente il solido S_4 cambia la sua composizione in S_6 essolvendo il componente β di composizione S_5 .

Diagramma a 2 componenti totalmente miscibili allo stato liquido e parzialmente miscibili allo stato solido = **soluzione solide a miscibilità parziale** K-feldspato – Albite a $P_{H_2O} = 5 \text{ kbar}$



**Per un liquido=L la cristallizzazione finisce nel punto eutettico E ($T=650^\circ\text{C}$) con produzione di 2 fasi:
1 Na rich-feldspato di composizione S1
1 K rich-feldspato di composizione S2.

**Se alla fine della cristallizzazione, segue un processo di lento raffreddamento = condizioni intrusive:
a $T=600^\circ\text{C}$, S1 passa a composizione S3 essolvendo (smistando) il K-feldspato di composizione S4.
a $T=550^\circ\text{C}$, S3 passa di composizione a S5 smistando il K-feldspato di composizione S6
Risultato : Na-feldspato con lamelle di essoluzione di K-feldspato
= ANTIPERTITI

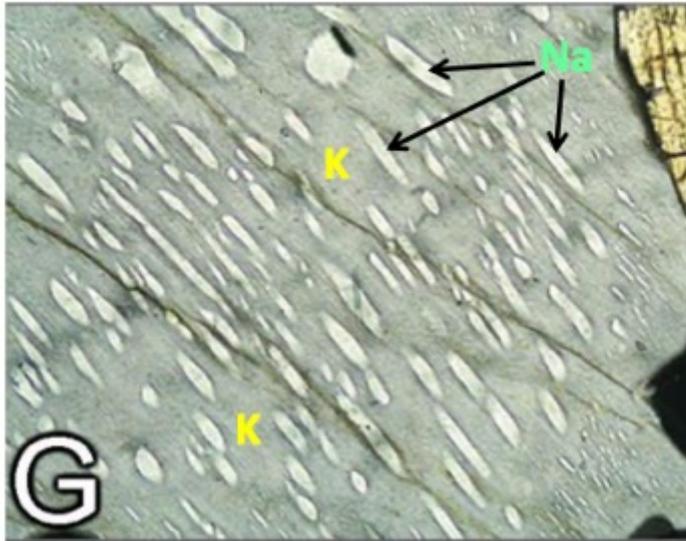
**contemporaneamente:

a $T=600^\circ\text{C}$, S2 passa a composizione S4 essolvendo (smistando) il Na-componente di composizione S3.

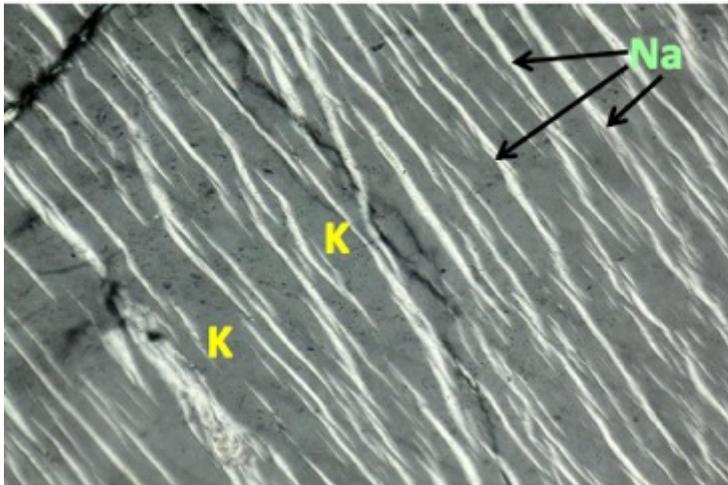
a $T=550^\circ\text{C}$, S4 passa di composizione a S6 smistando il K-componente di composizione S5

Risultato : K-feldspato con lamelle di essoluzione di Na-feldspato **= PERTITI**

Feldspato pertitico: : K-feldspato con smistamenti di Na-feld (chiazze chiare)



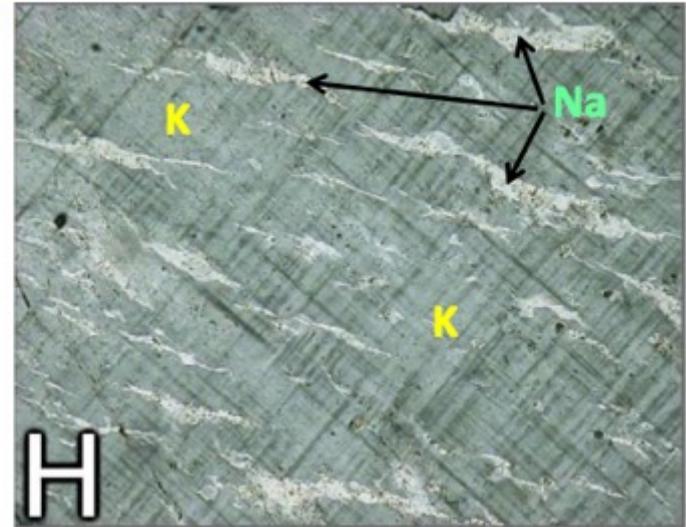
Feldspato pertitico: K-feldspato con smistamenti di Na-feld (vene chiare)



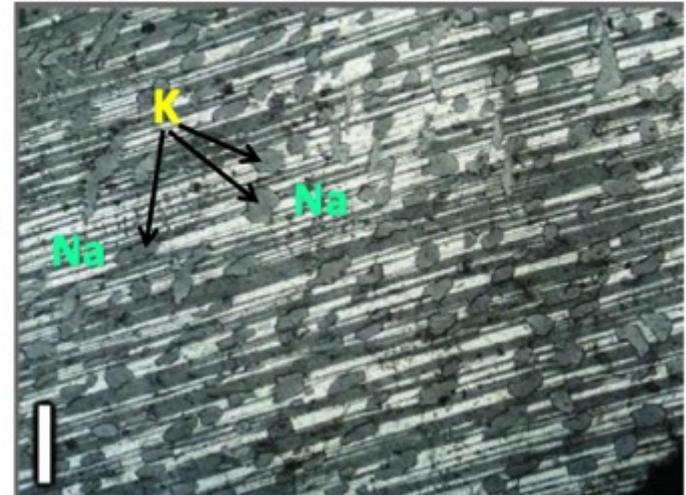
**IN ROCCE
INTRUSIVE**

Al
microscopio:
2 polarizzatori

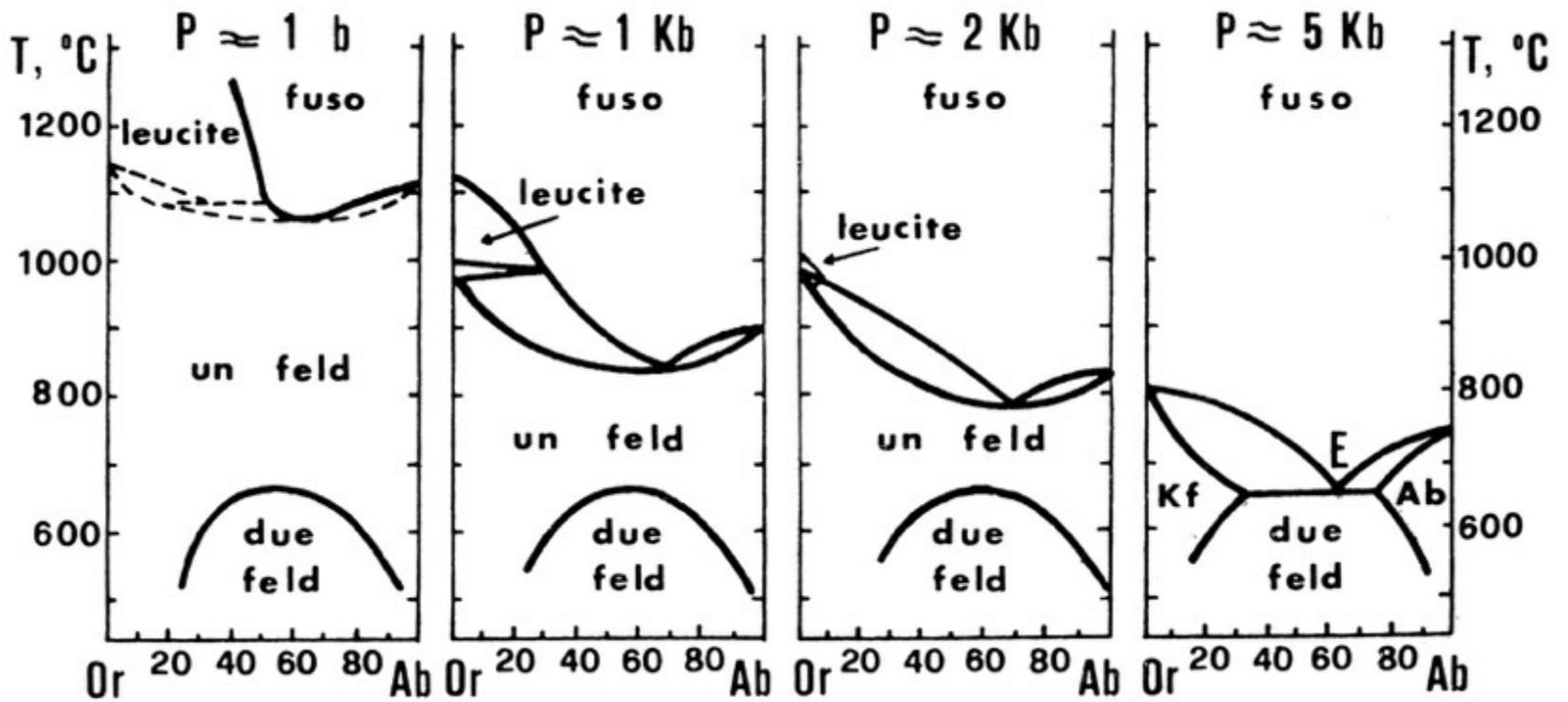
Feldspato pertitico: : K-feldspato con smistamenti di Na-feldspato (vene chiare)



Feldspato antipertitico: Na-feld (con geminazioni polisintetiche) con smistamenti di K-feld (chiazze)



Al
microscopio:
2 polarizzatori



Polimorfismo

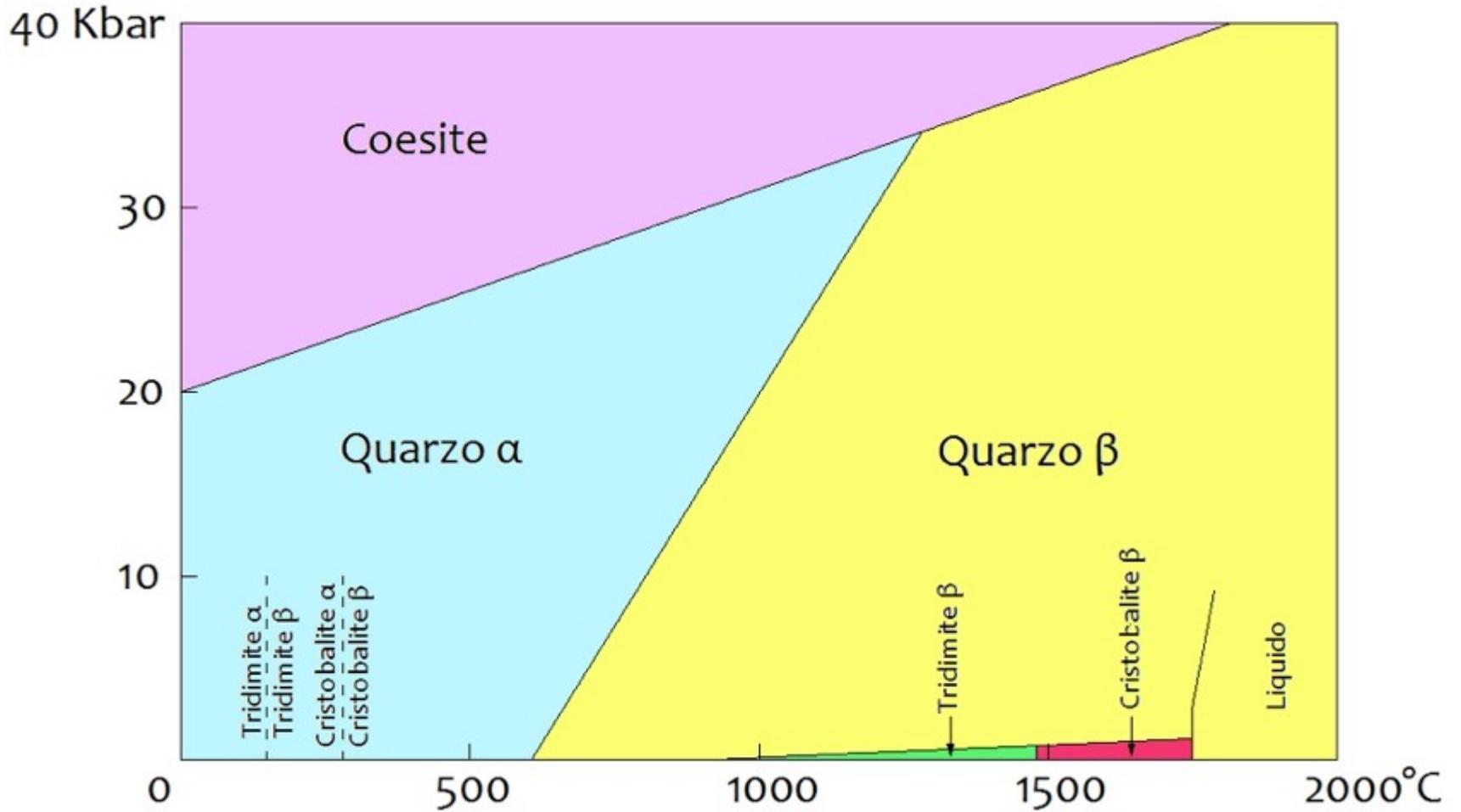
Vi sono 3 forme di polimorfismo:

Polimorfismo distorsivo: è una riorganizzazione strutturale meno drastica che non implica la rottura dei legami, indi necessita minor dispendio energetico; avviene istantaneamente ed è facilmente reversibile.

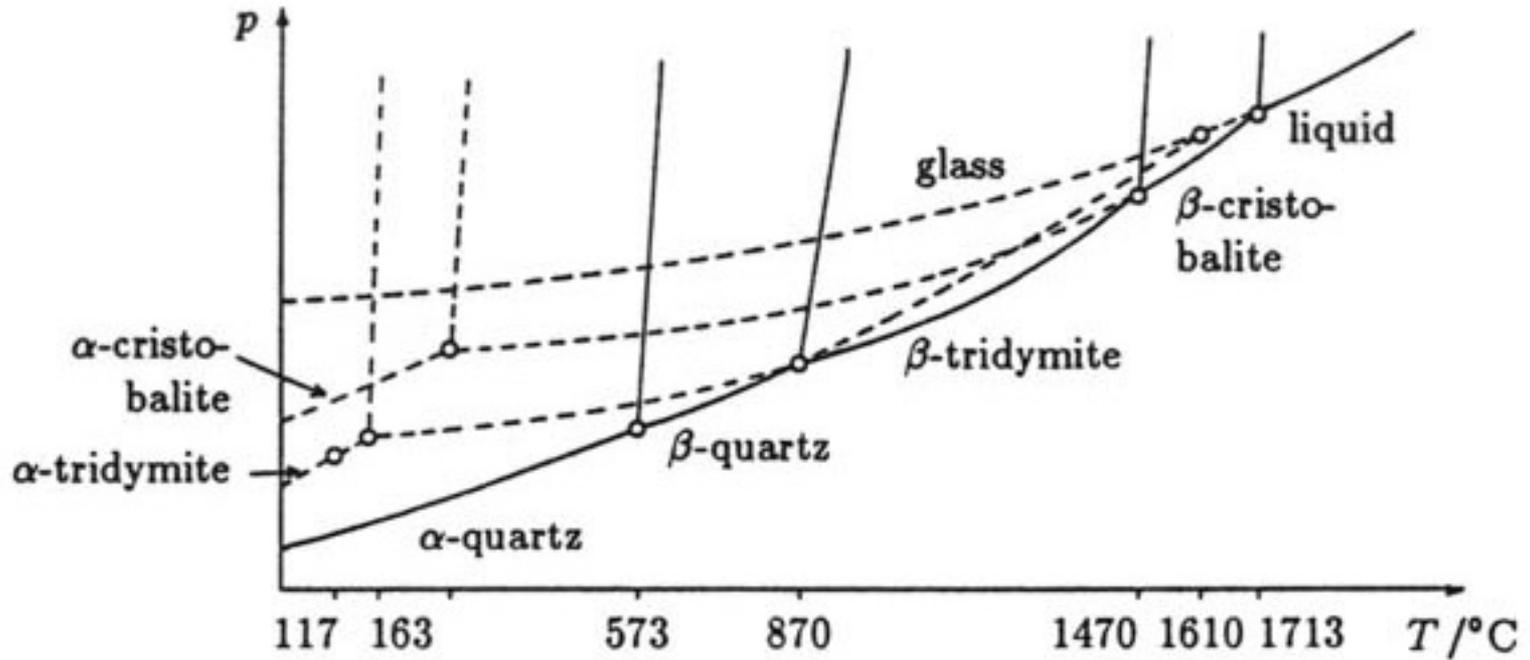
Polimorfismo ricostruttivo: necessita molta energia poiché determina una completa riorganizzazione della struttura cristallina ed una evidente rottura dei legami presenti nel reticolo.

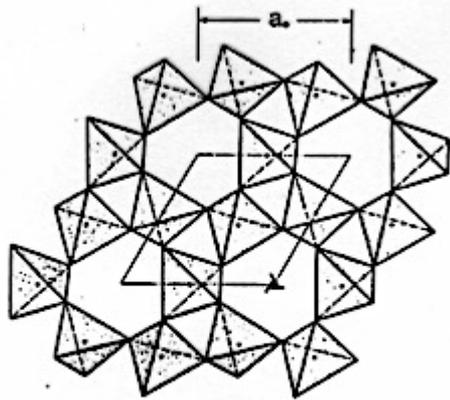
Polimorfismo ordine-disordine: frequente nelle leghe metalliche si presenta anche in alcuni minerali quali i feldspati.

Polimorfismo

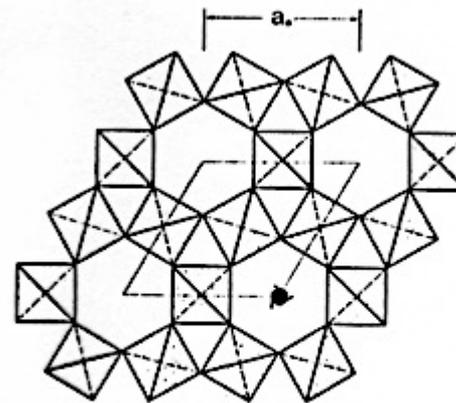


Polimorfismo

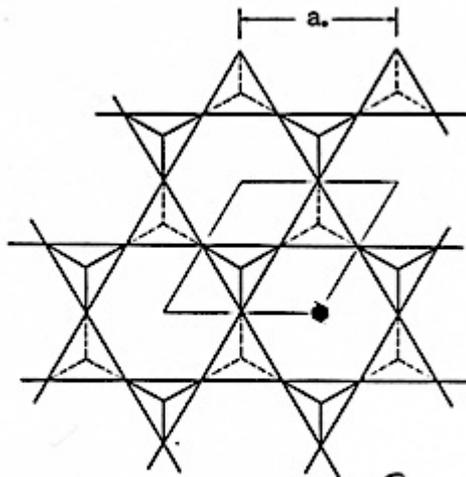




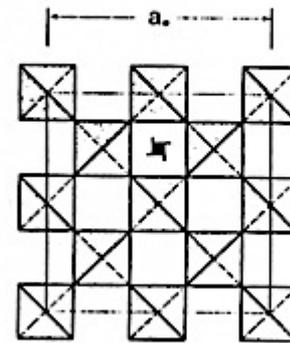
quarzo α *Trig.*
Fig. 197.2



quarzo β *Erag.*
Fig. 197.3



tridimite β *Erag.*
Fig. 197.4



cristobalite β *cubico*
Fig. 197.5

Habitus Quarzo

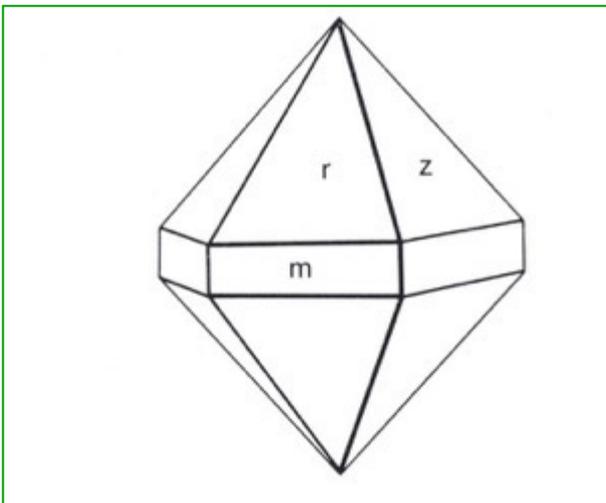
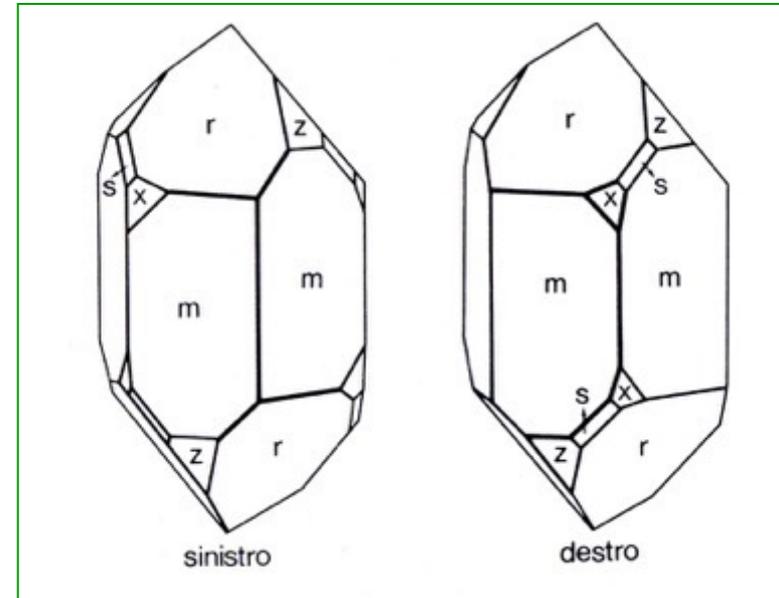
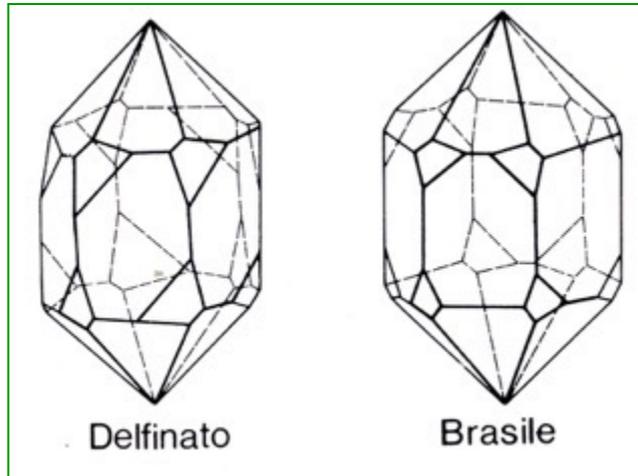


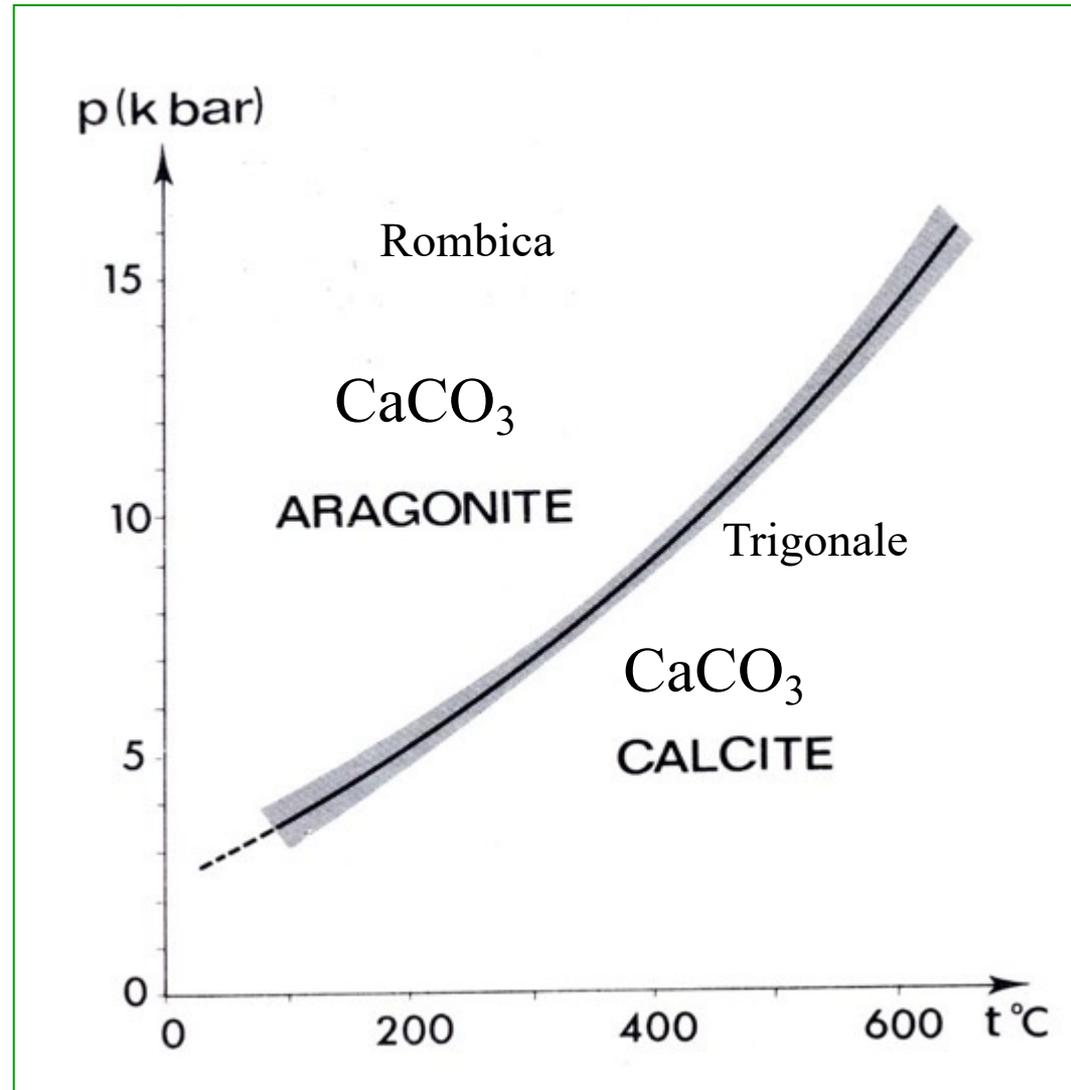
Diagramma di stato calcite-aragonite

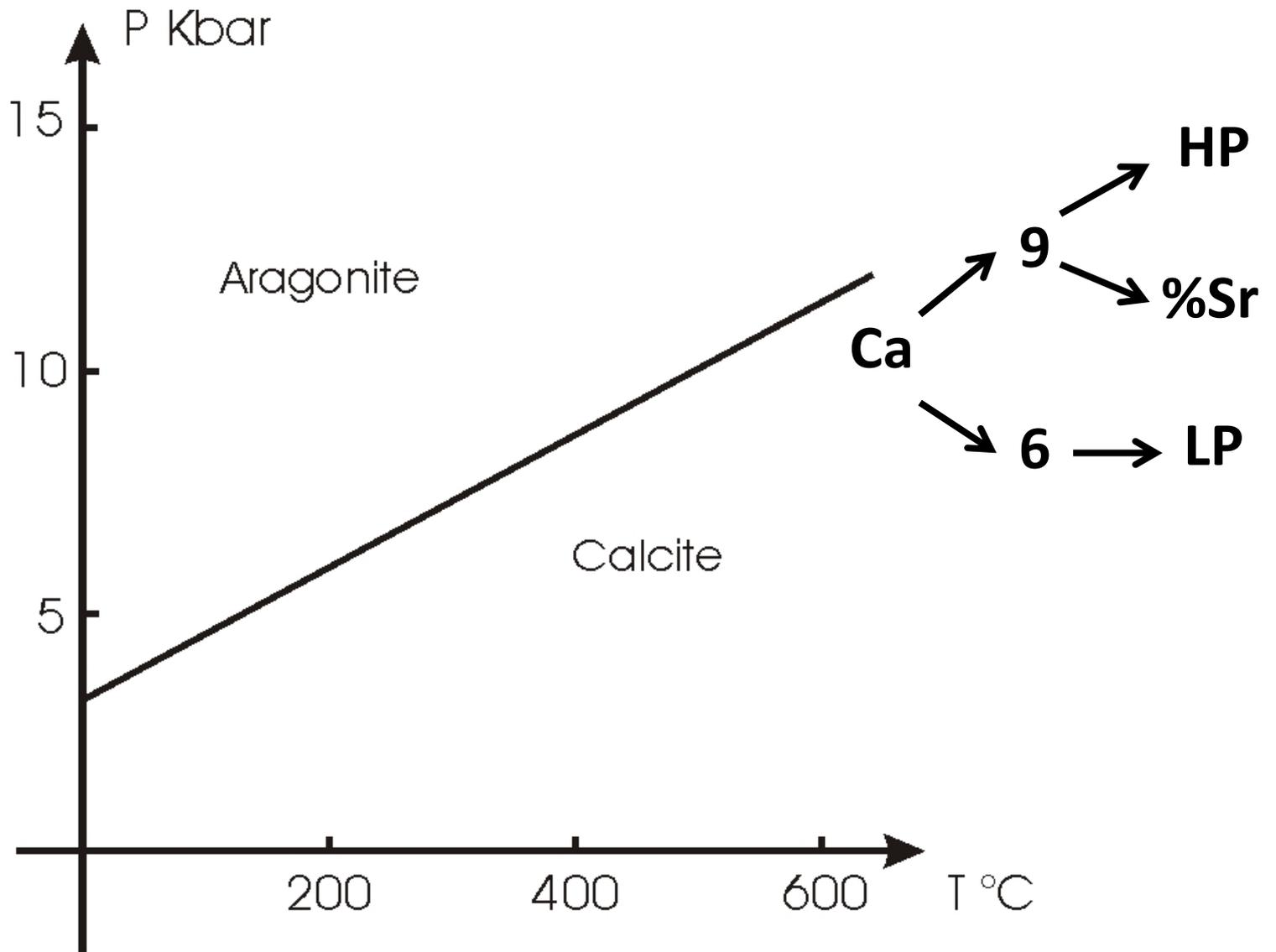
Calcite è il carbonato più comune

Gusci di aragonite, perle, (metastabile)

Ca^{+2} presenta due numeri di coordinazione : **6** nella calcite e **9** nell' aragonite

Energie elevate





Diamante Grafite

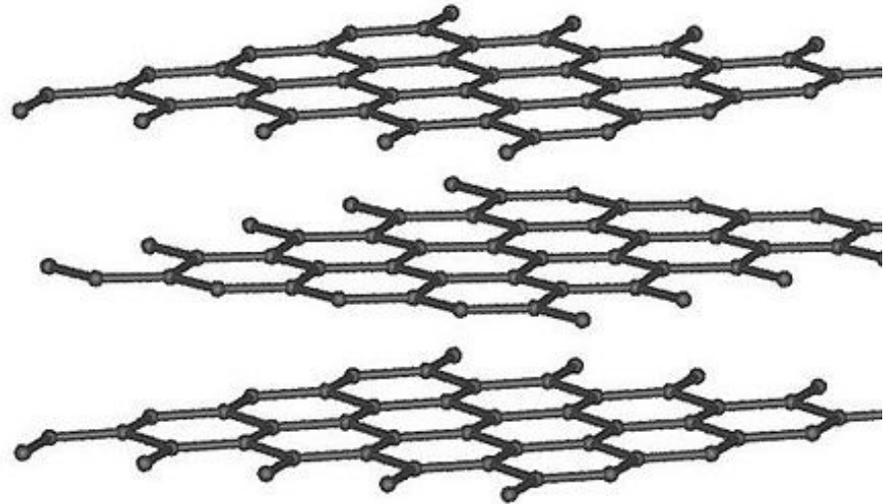
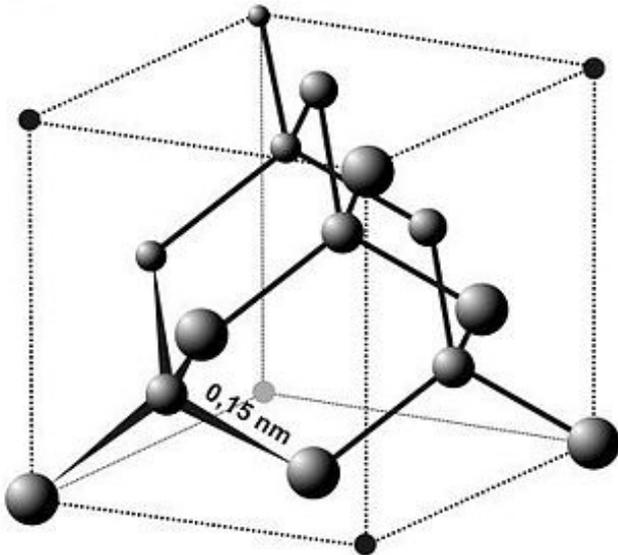
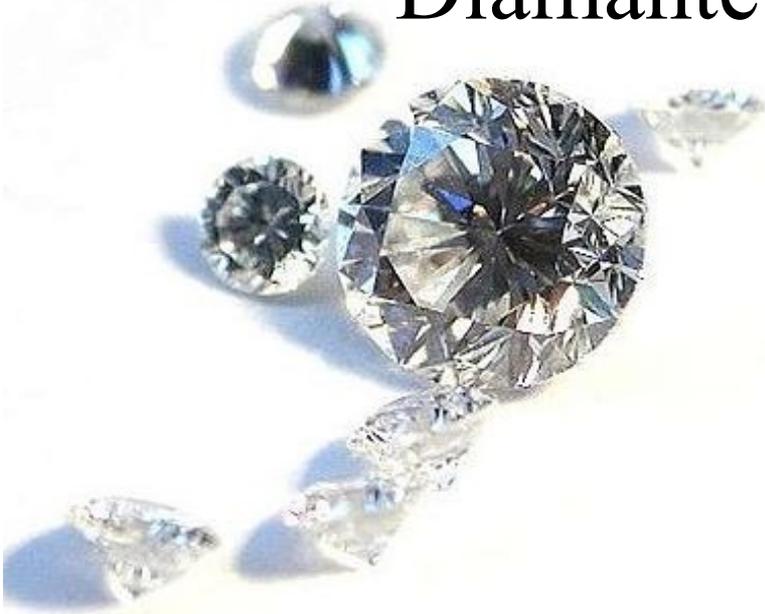
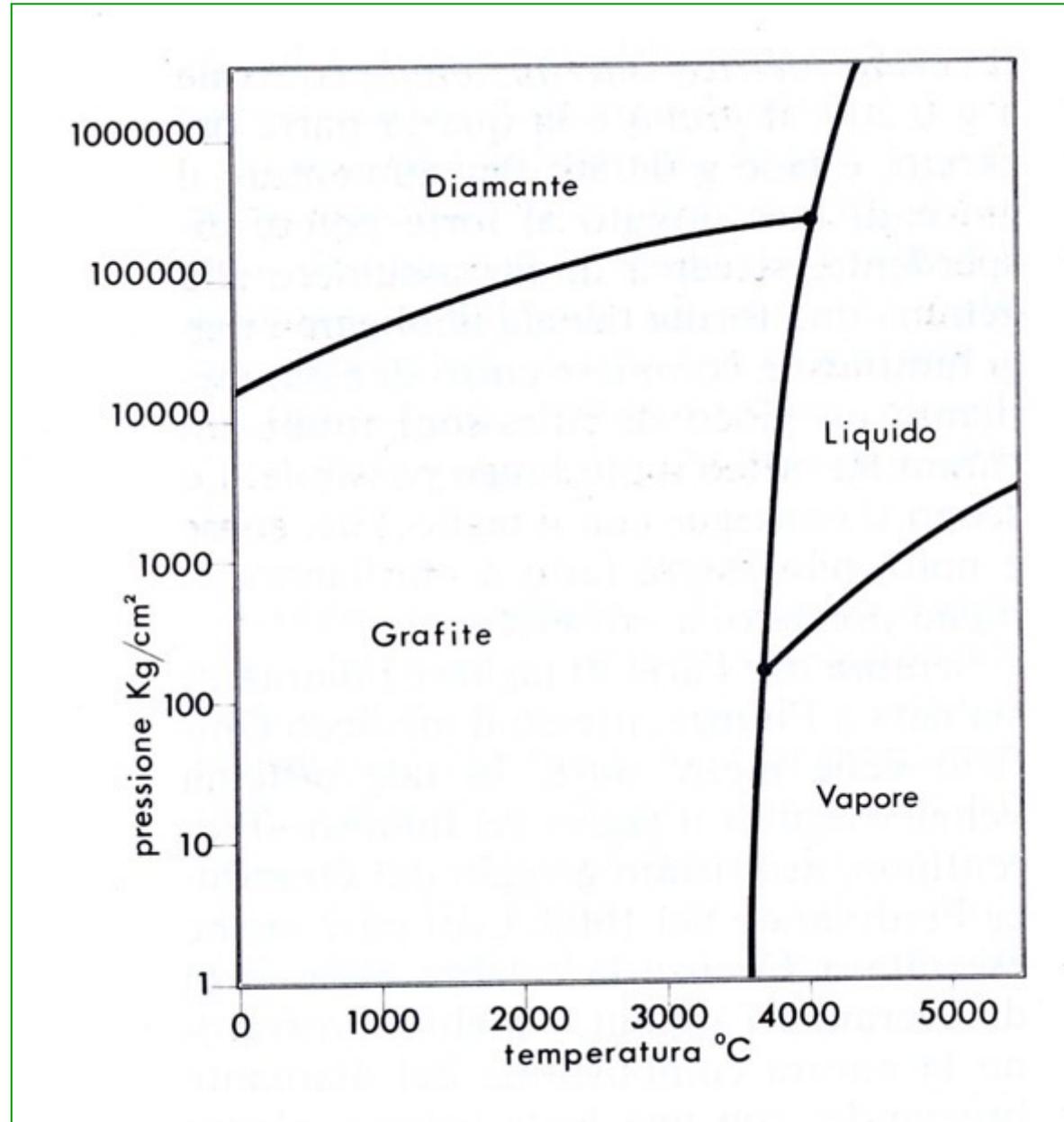


Diagramma di fase del C

Diamante: ha un campo di stabilità molto ampio nelle regioni ad alta P e si estende alle alte T sino a valori massimi di 4000°C e 150 kbar

Grafite: è stabile in un ampio intervallo di T ma a P relativamente basse.



NESOSILICATI

Silicati anidri di Al: Al_2SiO_5

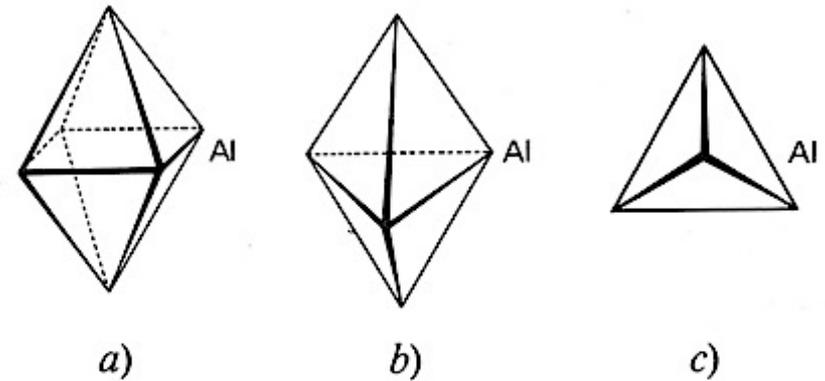
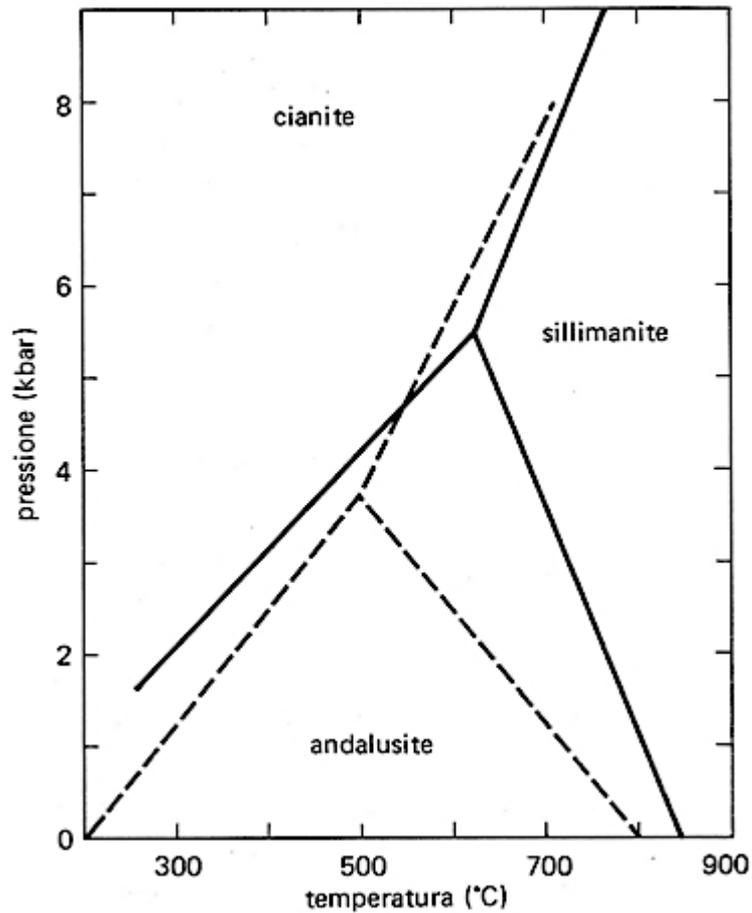
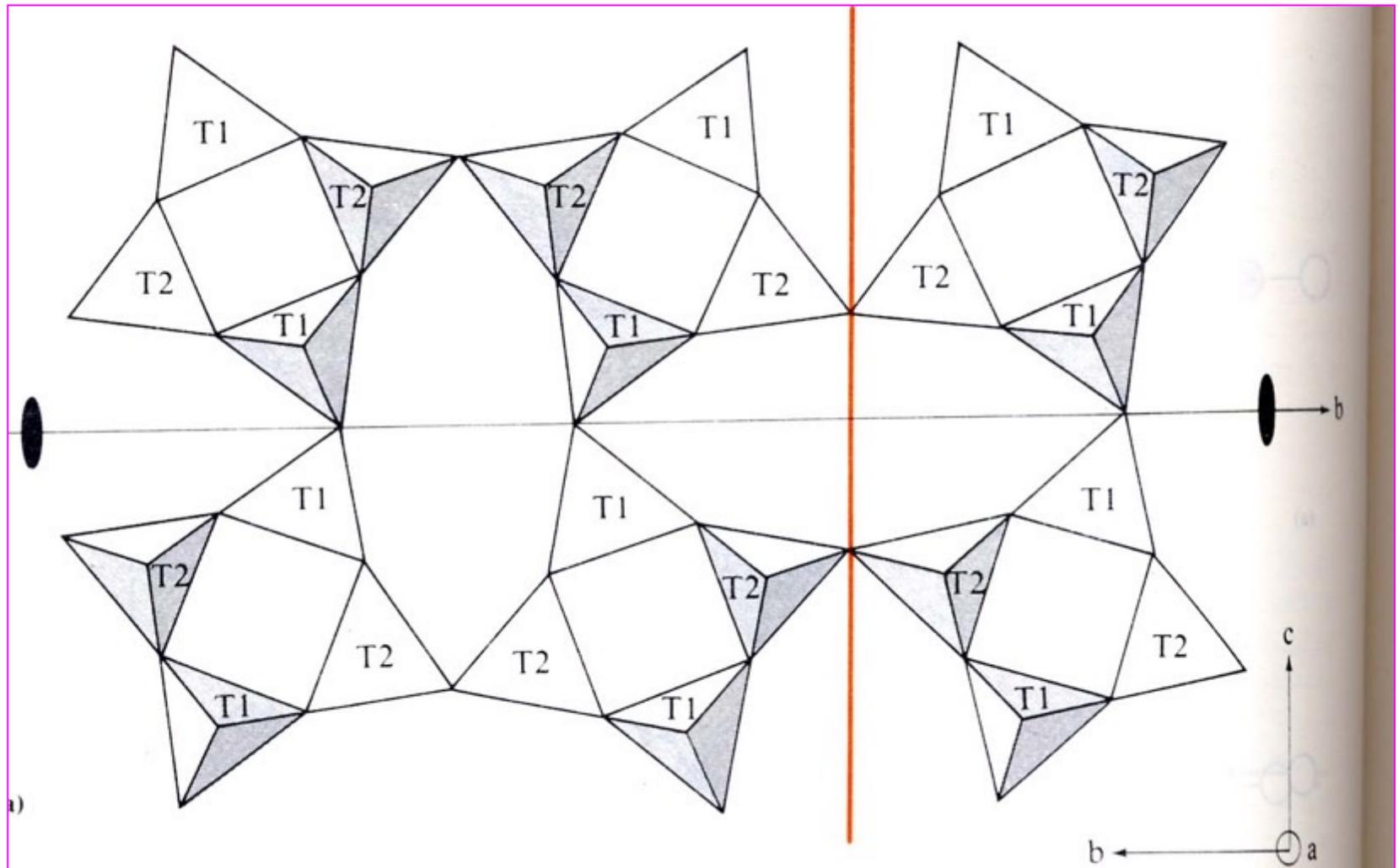


Fig. 73.11 Coordinazione di uno dei due atomi di Al: a) cianite; b) andalusite; c) sillimanite.

Sanidino



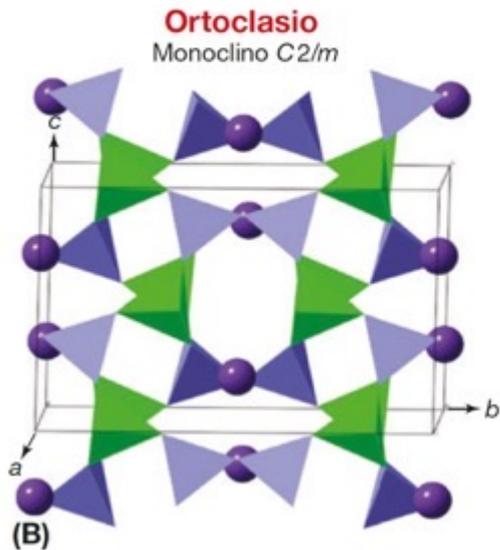
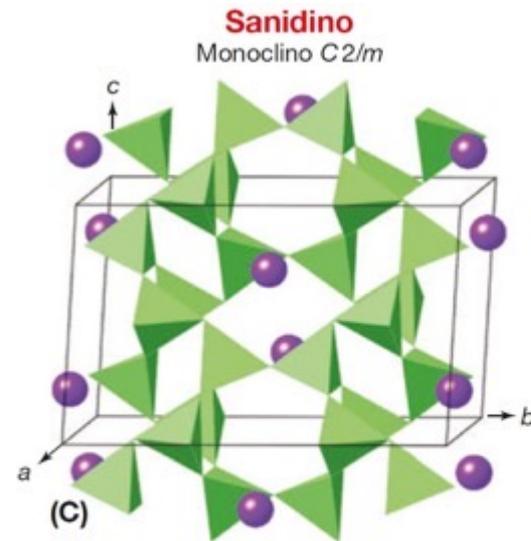
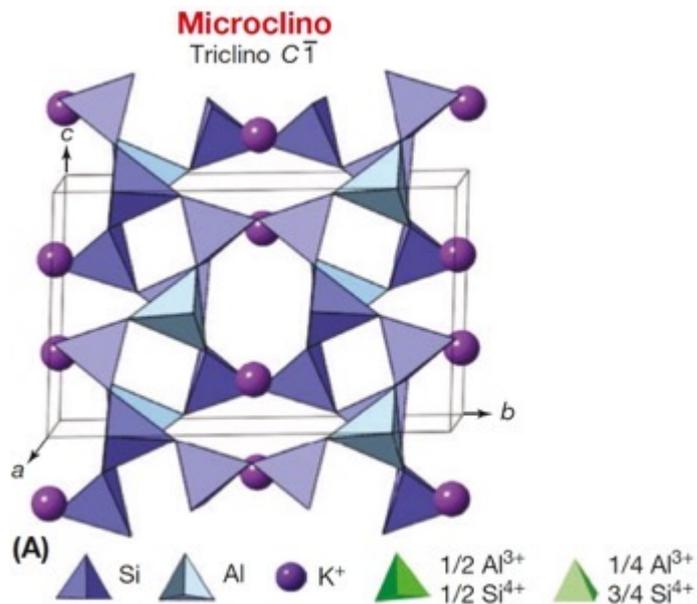
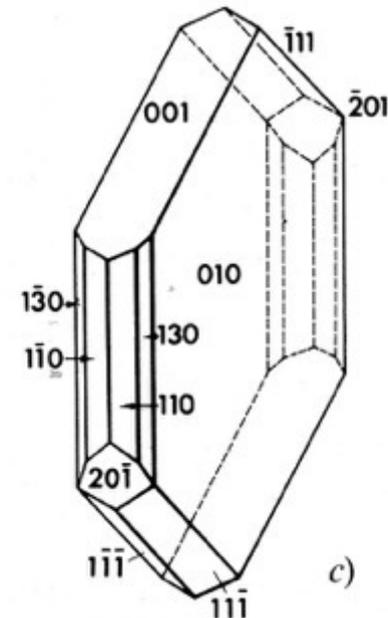
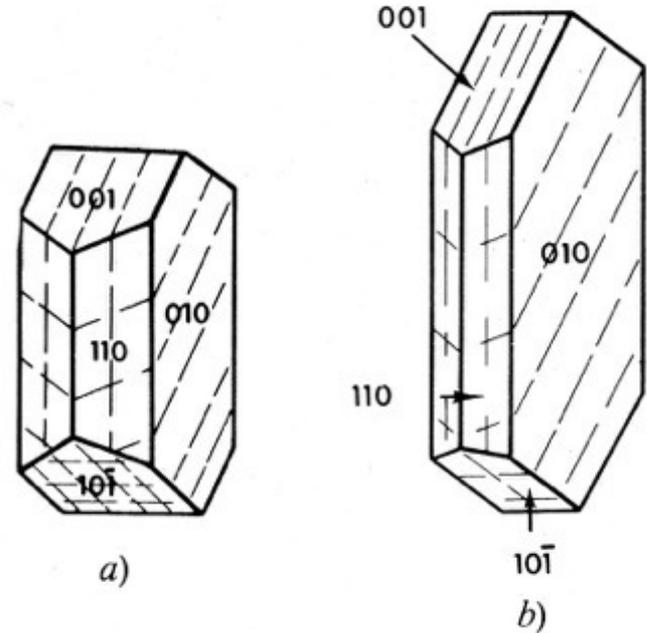


Figura 5.37 La struttura cristallina dei tre polimorfi del K-feldspato, $KAlSi_3O_8$, con la rappresentazione delle celle elementari. (A) La struttura di bassa temperatura è chiamata microclino. In questa struttura Al (un Al per quattro cationi tetraedrici, $Al + Si_3 = 4$) è posizionato in un sito strutturale specifico. Questo significa che la distribuzione dell'alluminio è completamente ordinata. (B) L'ortoclasio, il polimorfo di media temperatura, ha la distribuzione dell'alluminio parzialmente ordinata (o parzialmente disordinata). Si ha un Al per unità di formula distribuito regolarmente fra due siti tetraedrici ($\frac{1}{2}$ Al e $\frac{1}{2}$ Si in ciascuno di questi due siti). (C) Il sanidino, polimorfo di alta temperatura, in cui Al è distribuito casualmente fra tutti i siti tetraedrici. Questo significa che, in media, ciascun tetraedro contiene $\frac{1}{4}$ di Al e $\frac{3}{4}$ di Si. La struttura è completamente disordinata.

Morfología del K-feldspato



- a) ortoclasio monoclinico
- b) sanidino monoclinico
- c) microclino triclinico



Associazioni



ASSOCIAZIONI REGOLARI:

PARALLELA: unione di due o più individui della stessa specie, con parallelismo nelle direzioni cristallografiche.

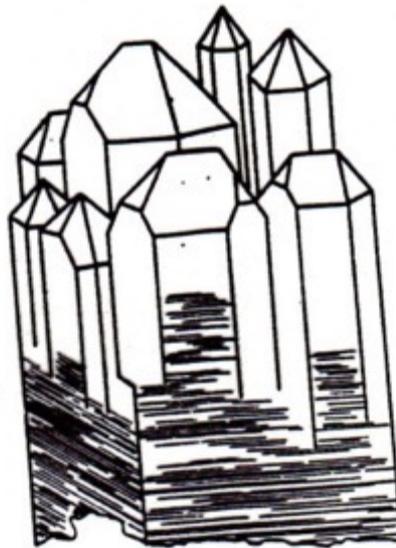
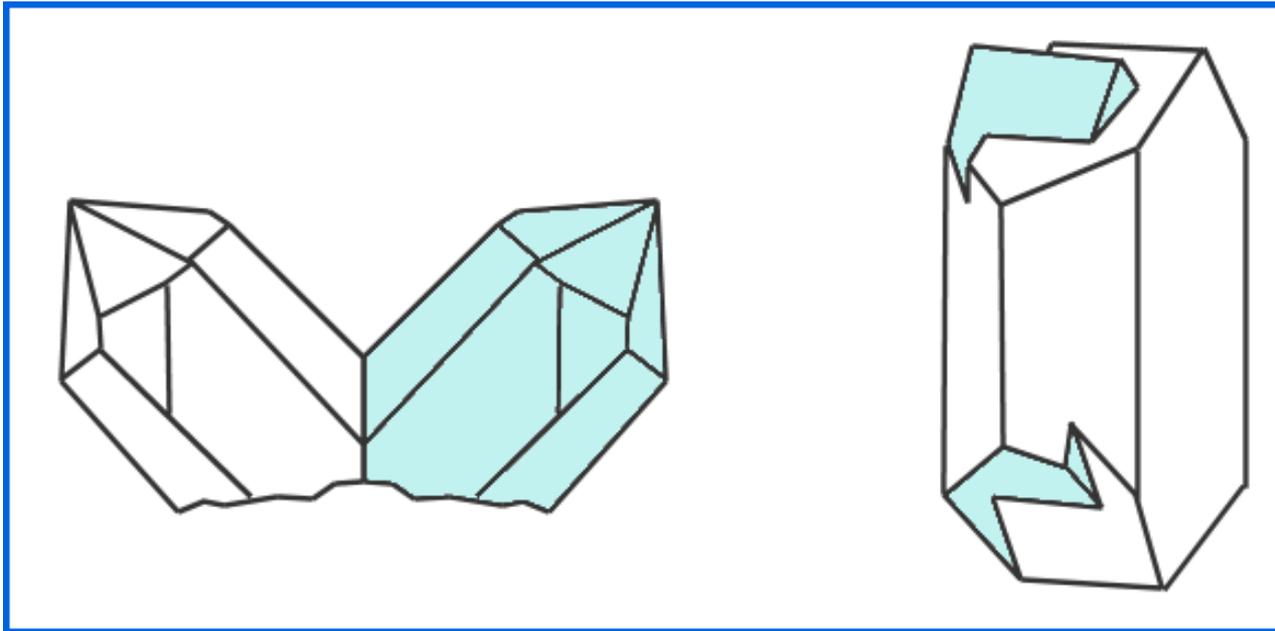


Fig. 29.1

ASSOCIAZIONI REGOLARI:

GEMINATI:

unione di due o più individui della stessa specie, con diverse orientazioni cristallografiche, correlabili da un'operazione di simmetria, peculiare del geminato e non dei singoli individui.



ASSOCIAZIONI REGOLARI: GEMINATI

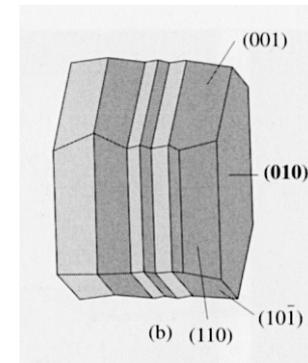
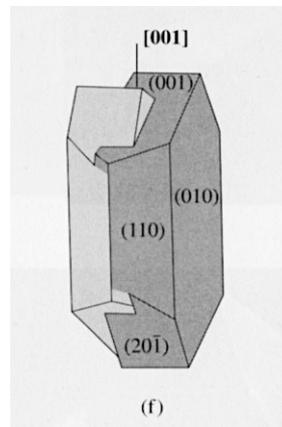
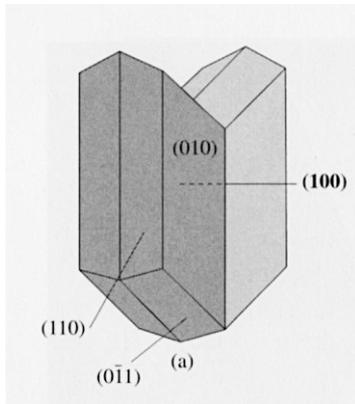
Piano di contatto: piano secondo il quale si uniscono i due individui.

LISCIO: geminati di contatto.

SINUOSO: geminati di compenetrazione.

Geminati di più individui: poligeminati o geminati polisintetici

Talvolta i geminati presentano particolari caratteristiche come angoli rientranti e striature, che ne permettono il riconoscimento.

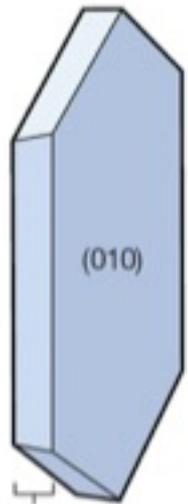


ASSOCIAZIONI REGOLARI: GEMINATI

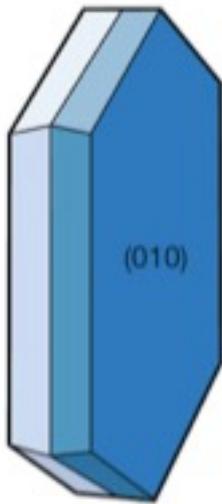
I meccanismi della geminazione sono stati formulati da Buerger.

- ***Geminati per accrescimento***: dipendono dal posizionamento di atomi o ioni (o gruppi di atomi o ioni) sulla parte esterna di un cristallo in accrescimento in modo tale che la disposizione regolare del reticolo cristallino originario sia interrotta. La geminazione per accrescimento riflette eventi accidentali durante la crescita libera, detti *errori di nucleazione* ed è la cosiddetta *geminazione primaria*.
- ***Geminati per trasformazione***: si formano a partire da preesistenti cristalli in seguito a trasformazioni polimorfe. Un esempio è dato dai cristalli di quarzo. Ad esempio il quarzo- β , raffreddandosi ad una temperatura inferiore a 573 °C, si trasforma in quarzo- α . Nel passaggio a quarzo- α , la struttura originale del quarzo- β può scegliere fra queste due orientazioni, legate fra di loro da una rotazione di 180°, a causa della struttura trigonale del quarzo- α .
- ***Geminati per scivolamento***: si genera in seguito alla deformazione di un cristallo per applicazione di uno sforzo meccanico; lo sforzo applicato produce uno scivolamento degli atomi a piccola scala, e se non avviene la rottura, si può avere geminazione. Questo tipo di geminazione è comune nei metalli e frequente nella calcite.

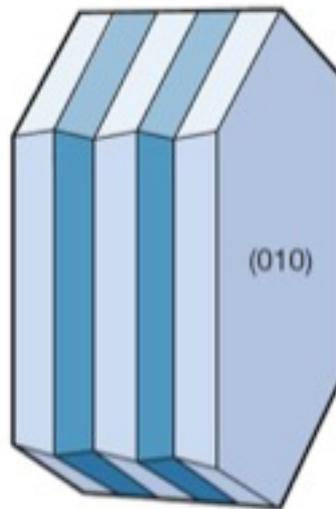
ESEMPI DI GEMINATI TIPICI: Sistema Triclinico



(A) 0,1 mm



(B)



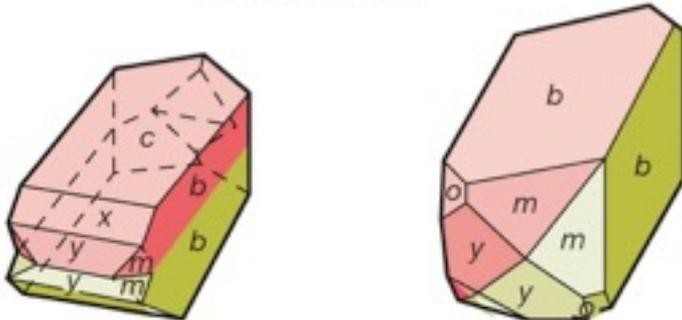
(C)



ESEMPI DI GEMINATI TIPICI:
Sistemi Monoclino, Rombico e Trigonale

Ortoclasio

Monoclino: $2/m$



(D) Geminato Manebach su {001} Geminato Baveno su {021}

Gesso

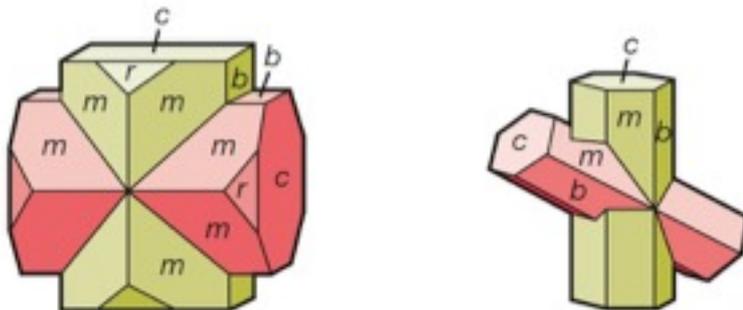
Monoclino: $2/m$



(C) Geminato a coda di rondine su {100}

Staurolite

Pseudo-ortorombica (monoclina con $\beta \sim 90^\circ$): $2/m$

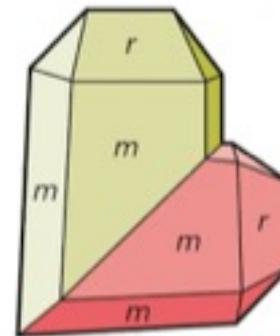


(B) Geminato su {031}

Geminato su {231}

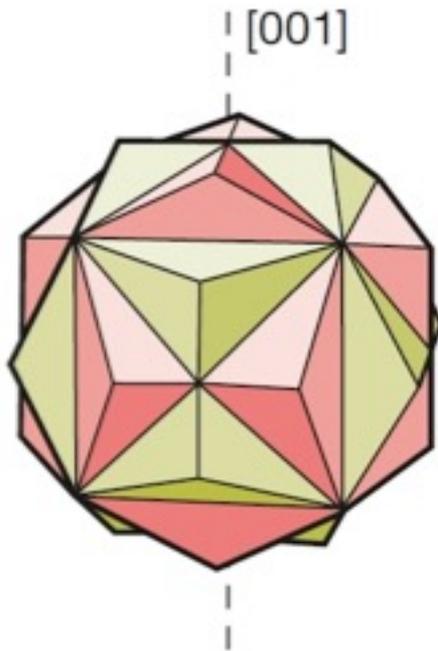
Quarzo

Esagonale: 32



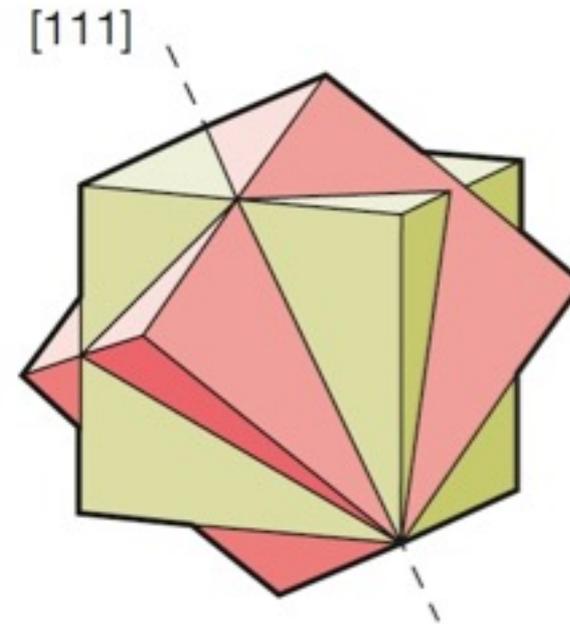
(A) Geminato del Giappone su $\{11\bar{2}2\}$

ESEMPI DI GEMINATI TIPICI: Sistema Cubico



Pirite "Croce di ferro"

Legge di geminazione:
rotazione di 90° attorno $[001]$



Fluorite

Legge di geminazione:
rotazione di 90° attorno $[111]$



