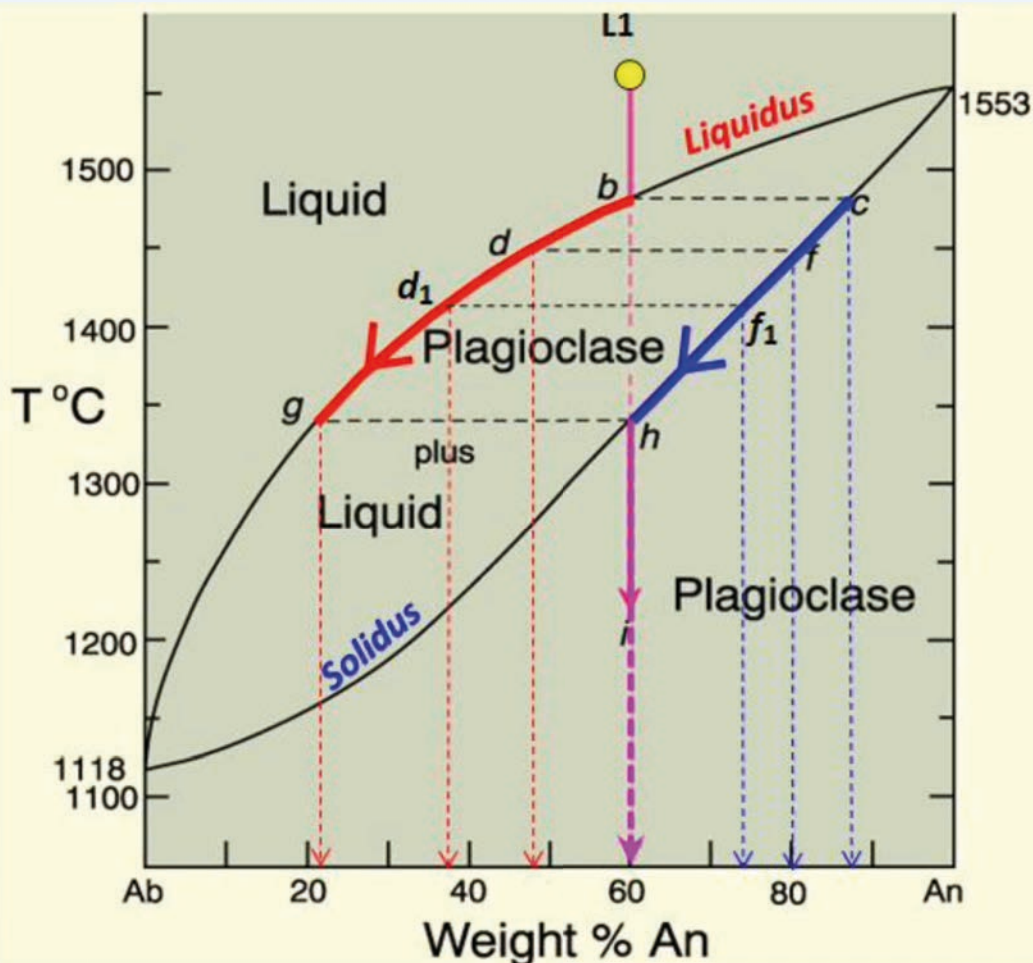


Sistema binario con componenti completamente miscibili

Plagioclasti (Na-Ca feldspati) – soluzioni solide isomorfe Albite-Anortite



Cristallizzazione all'equilibrio: infinitesimi passi di riequilibratura tra liquido e solido.

Partenza liquido L_1 di composizione $An_{60}-Ab_{40}$. Quando il liquido tocca il liquidus ($V=1$) nel punto b cristallizza un plag. di composizione $c = An_{88}-Ab_{12}$ (molto più ricca in An rispetto al L_1 !!!) 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.

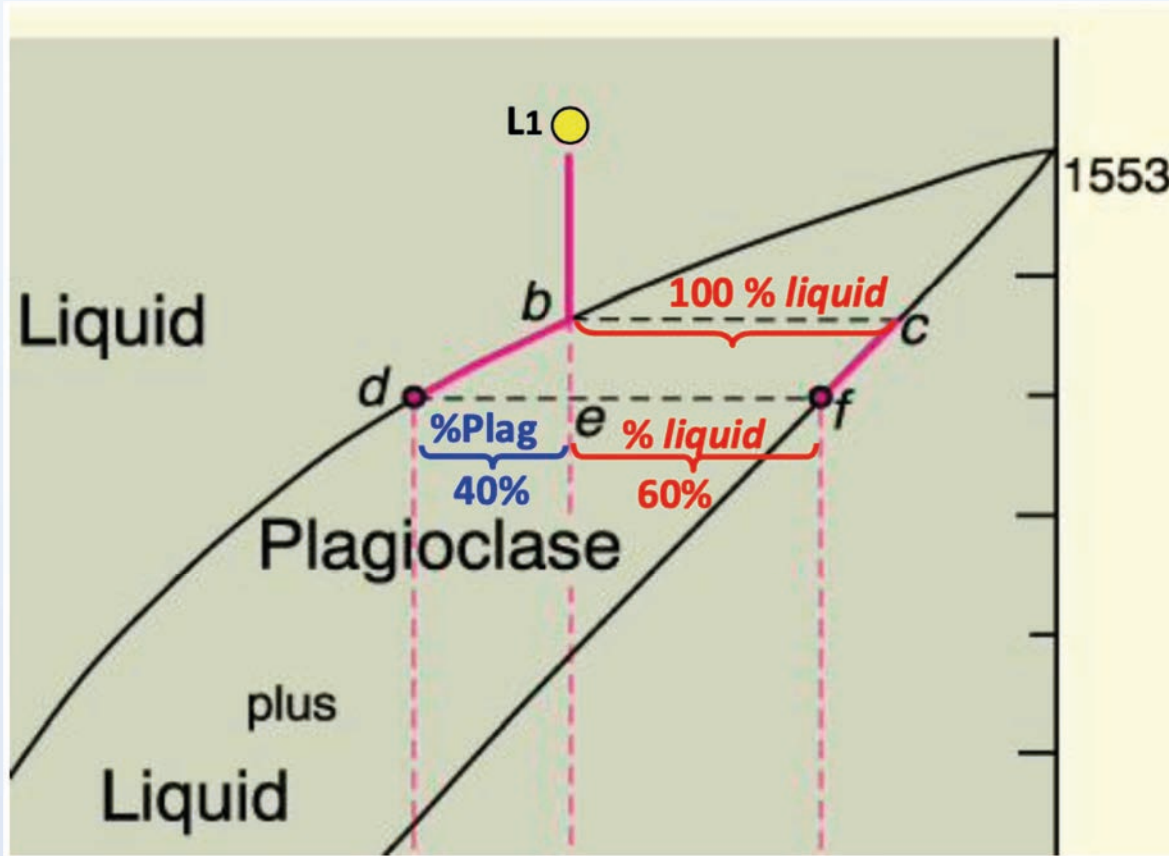
Per $L = d$ ($An_{48}-Ab_{52}$) cristallizza un plag di composizione f ($An_{80}-Ab_{20}$); per $L = d_1$ ($An_{38}-Ab_{62}$) il plag è f_1 ($An_{74}-Ab_{36}$). La cristallizzazione finisce quando $L = g$ ($An_{22}-Ab_{78}$) e il plag = h ($An_{60}-Ab_{40}$).

Il plagioclasto finale sarà omogeneo, con composizione uguale al liquido di partenza.

Cristallizzazione all'equilibrio → Continuo cambio chimico tra la fase solida ed il liquido al diminuire della T . La velocità di raffreddamento del liquido è inferiore alla velocità di riequilibratura chimica della fase solida.

→ **Cristalli omogenei**

Regola della leva



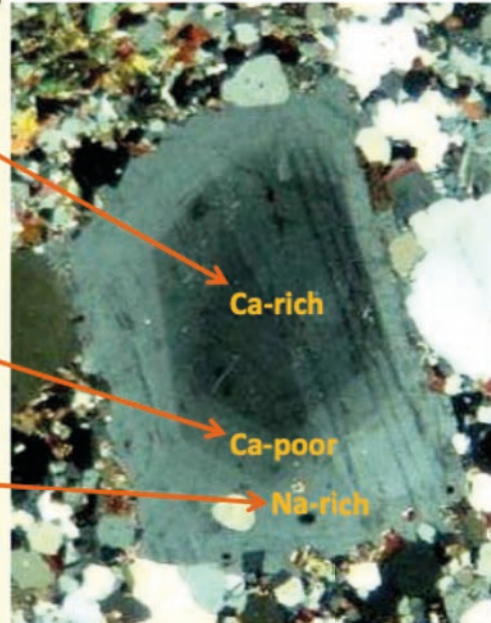
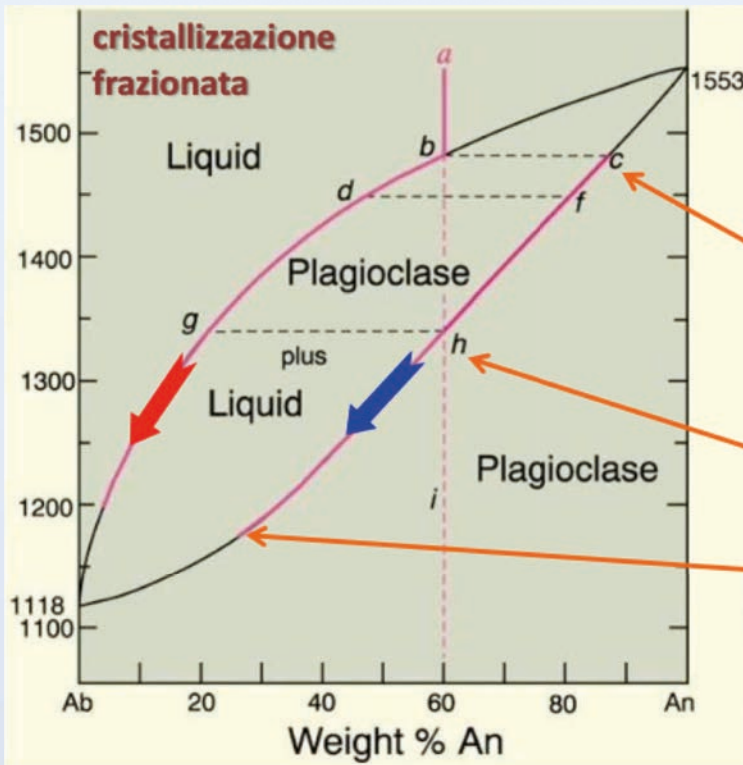
La regola della leva permette di definire la percentuale di solido e di liquido ad ogni T.

Sistema binario con componenti completamente miscibili

Plagioclasa (Na-Ca feldspati) – soluzioni solide isomorfe Albite-Anortite

Cristallizzazione frazionata: La velocità di raffreddamento del liquido è maggiore della velocità di riequilibratura chimica della fase solida. Questo farà sì che si formino dei cristalli con diversa composizione dal nucleo (più ricco in An al bordo (più ricco in Ab)).

↳ **Cristalli zonati**



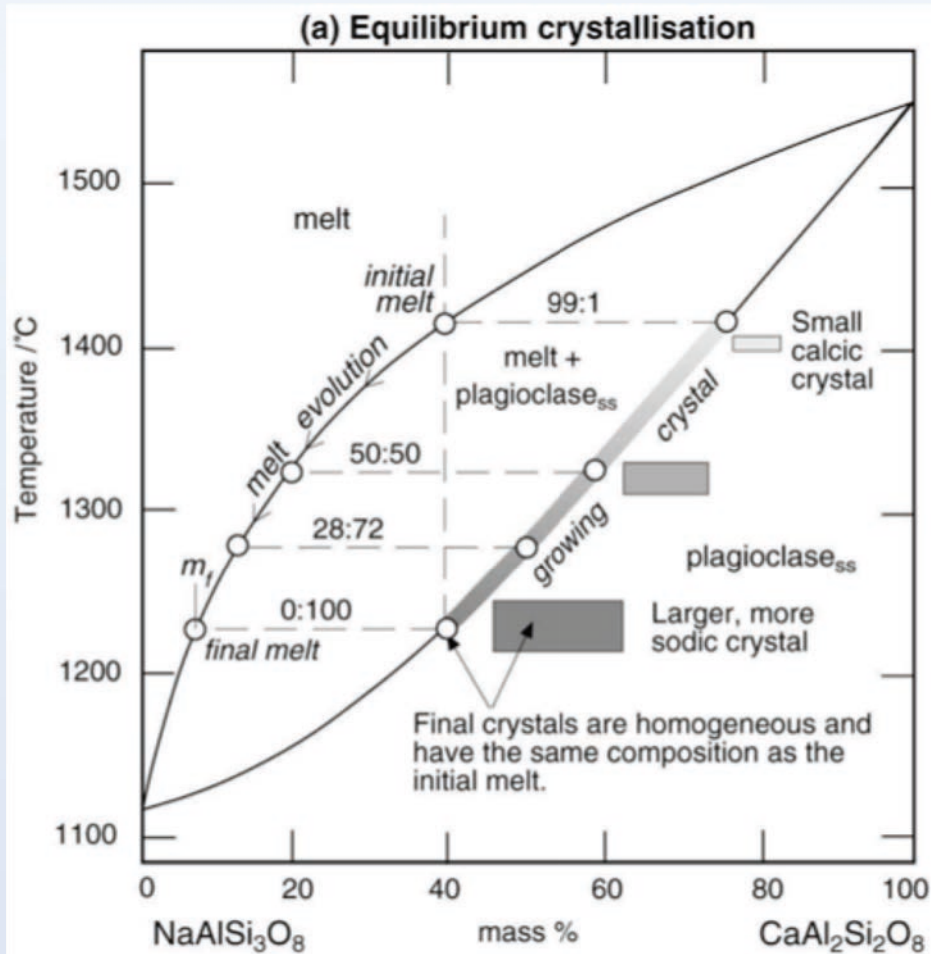
Zonatura semplice continua

Plagioclasio al microscopio
(polarizzatori incrociati)

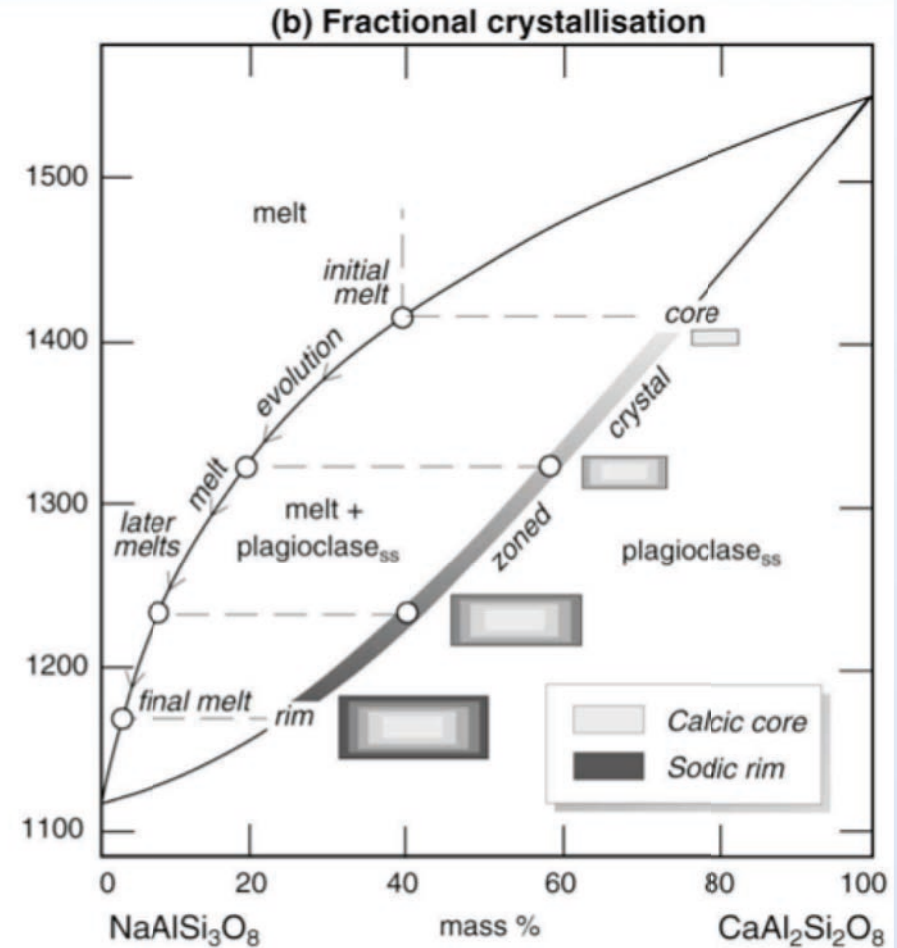
In natura una situazione di perfetto equilibrio non si verifica quasi mai, in quanto la continua reazione tra i cristalli di prima generazione ricchi in An ed il liquido è ostacolata dagli strati cristallini di neoformazione progressivamente più ricchi in Ab, stabili a T via via decrescenti.

Sistema binario con componenti completamente miscibili

Plagioclasti (Na-Ca feldspati) – soluzioni solide isomorfe Albite-Anortite



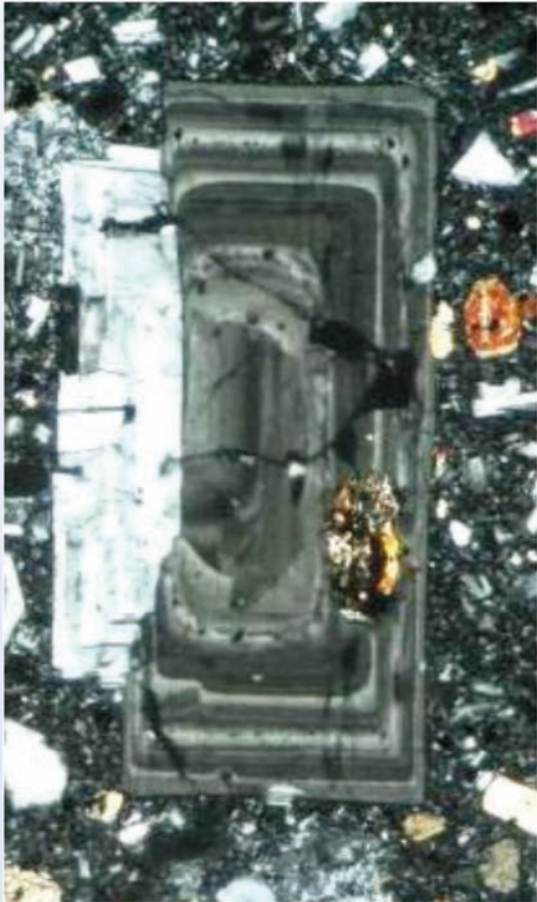
Risultato : i cristalli sono OMOGENEI



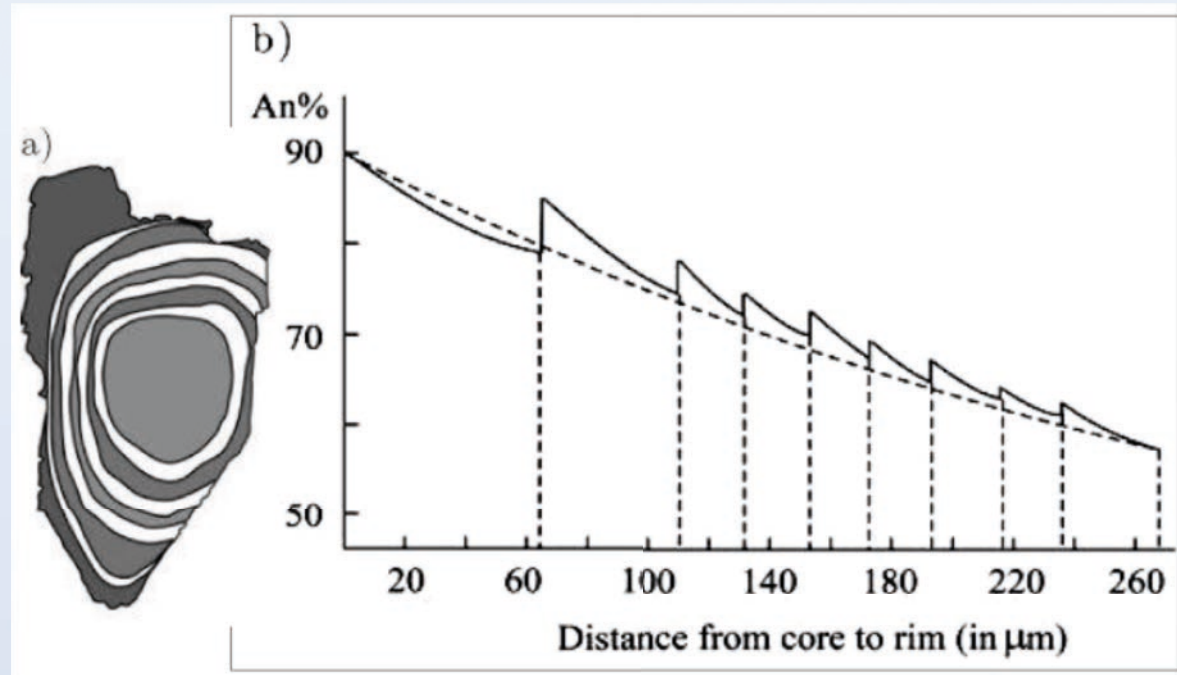
Risultato : il liquido si evolve (= si differenzia) molto di più e i cristalli sono ZONATI

Zonatura dei plagioclasii

Oltre a zonature semplici, molti plagioclasii possono essere caratterizzati anche da zonature concentriche oscillanti

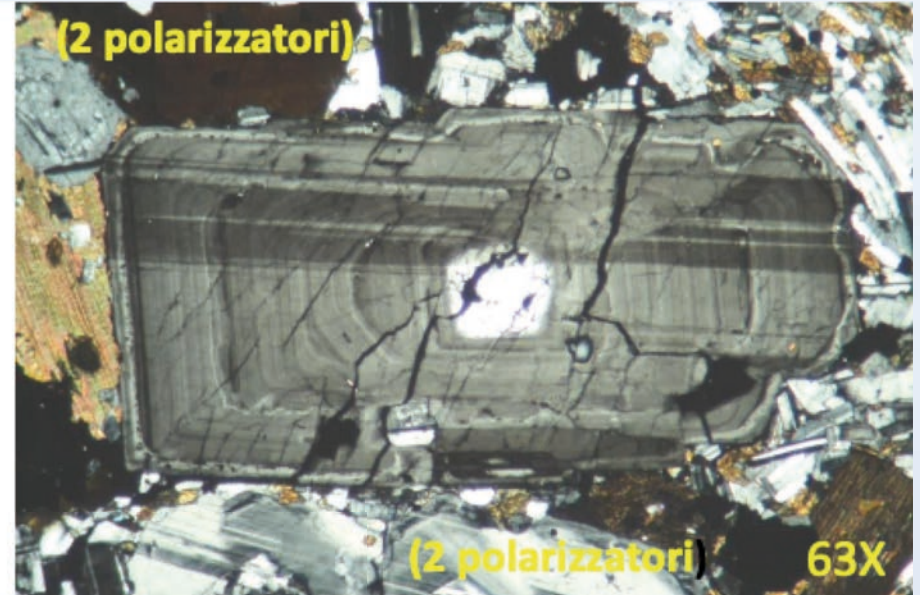
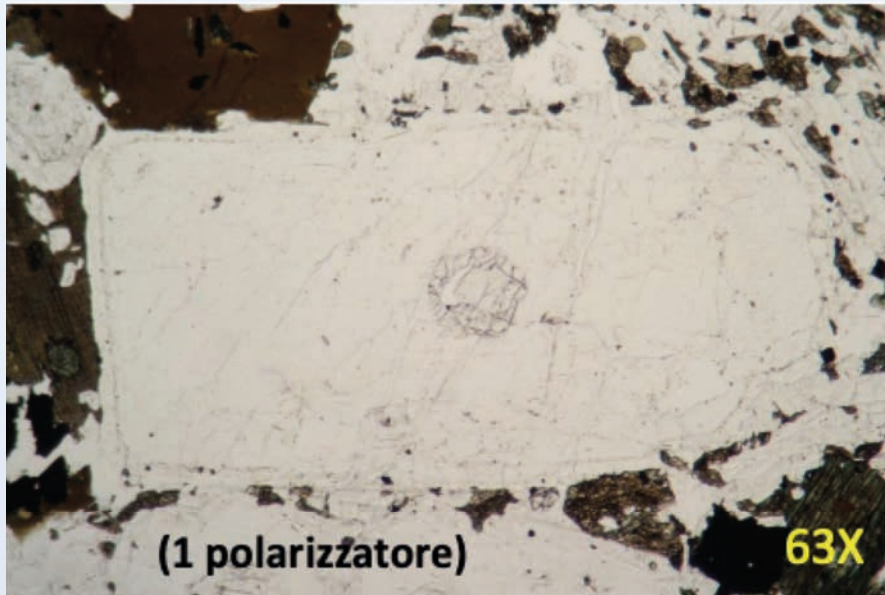


Plagioclasio zonato al microscopio a luce polarizzata (2 polarizzatori)

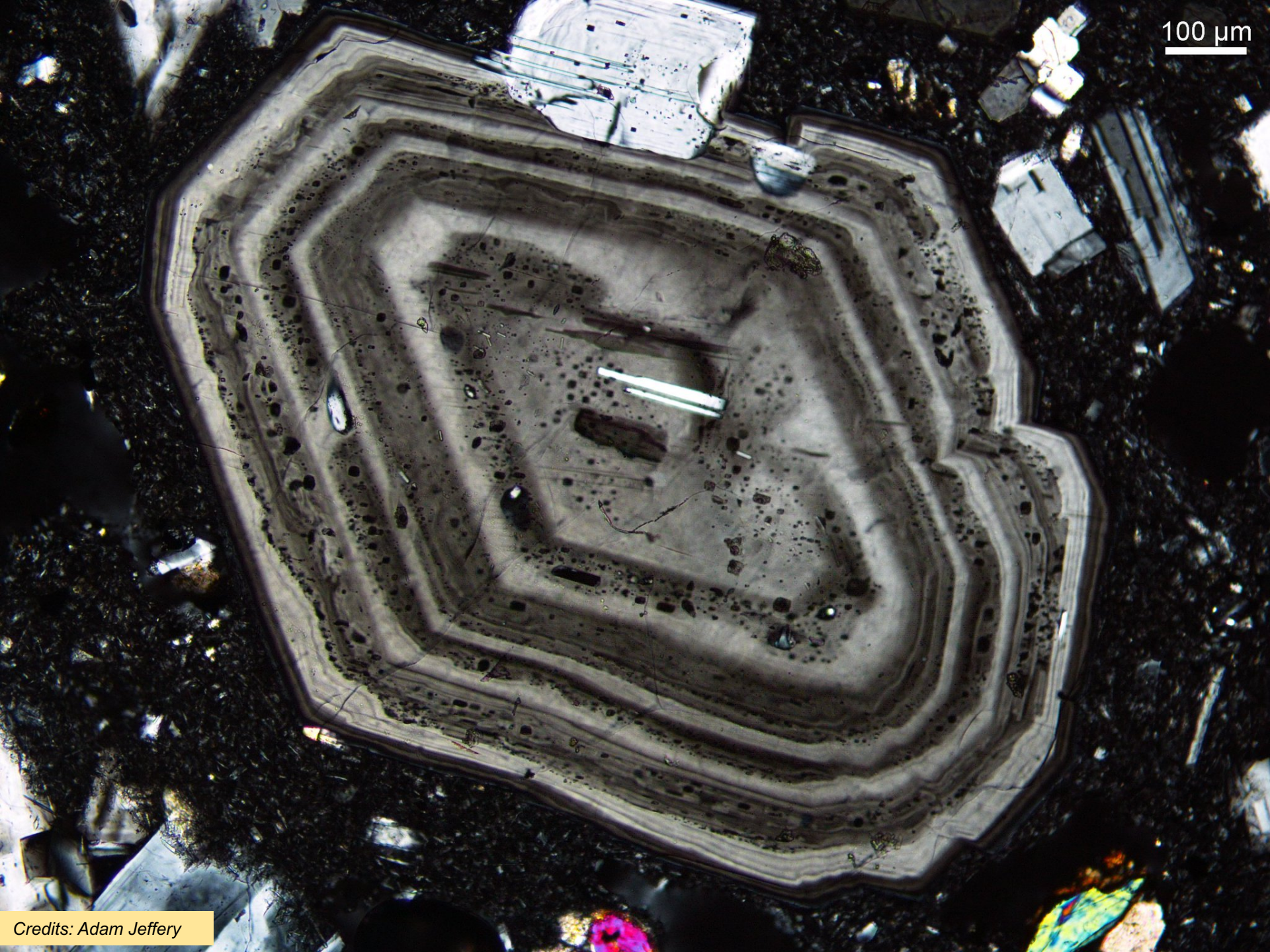


Zonatura dei plagioclasì

Oltre a zonature semplici, molti plagioclasì possono essere caratterizzati anche da zonature concentriche oscillanti



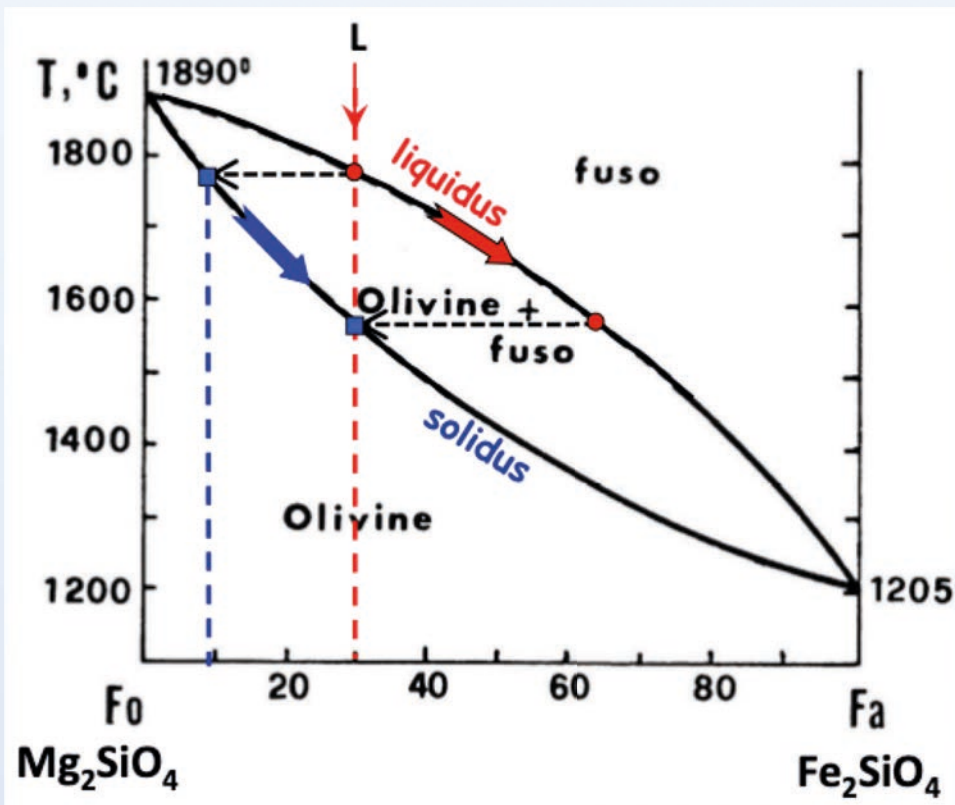
100 μ m



Credits: Adam Jeffery

Sistema binario con componenti completamente miscibili

Olivine – soluzioni solide isomorfe Forsterite (Mg_2SiO_4) – Fayalite (Fe_2SiO_4)



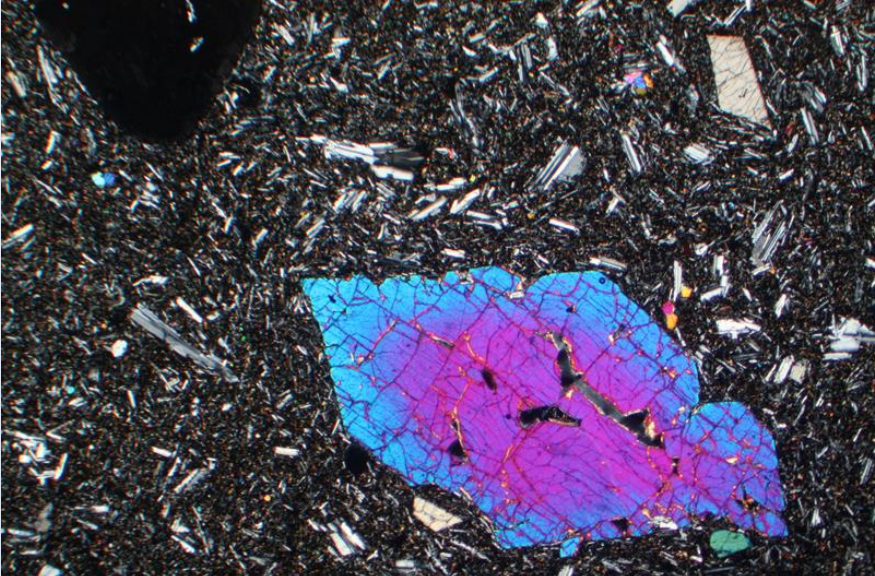
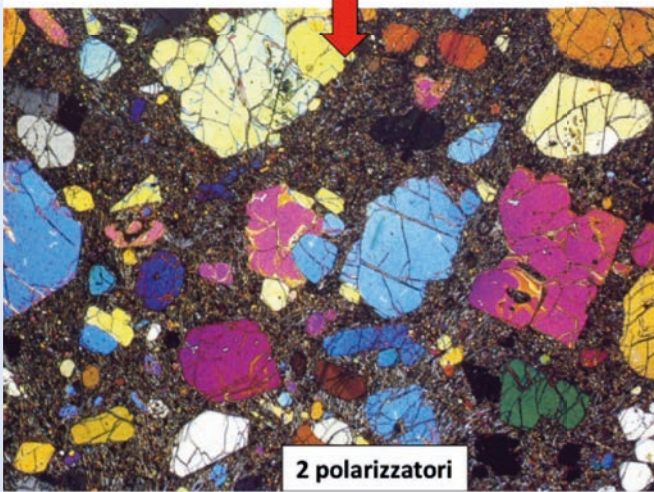
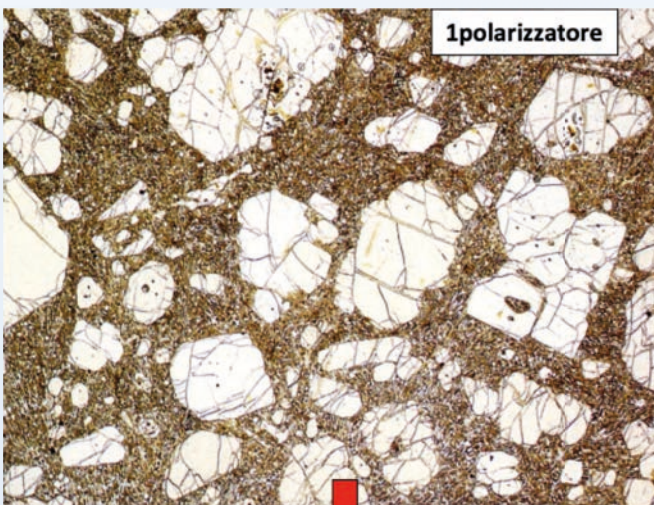
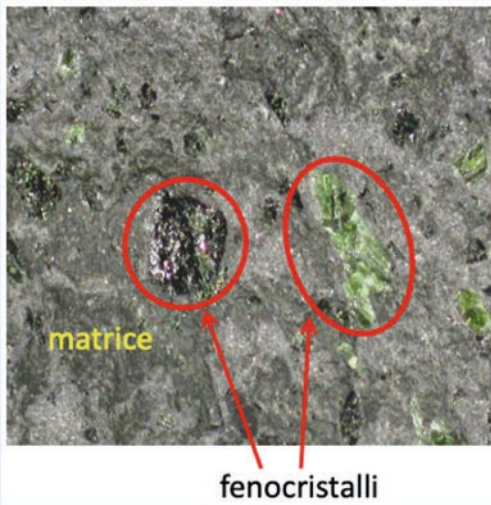
Il diagramma di fase è analogo a An-Ab. Quindi anche la sua lettura

Molte fasi sono zonate composizionalmente, ma non sempre la zonatura è ben visibile e determinabile al microscopio.

In alcuni casi la simmetria del cristallo permette la variazione con la composizione di alcune proprietà ottiche meno appariscenti: es. la zonatura dell'olivina e dell'ortopirosseno (rombici) si manifesta soltanto attraverso la variazione di colore e la birifrangenza, e non dell'angolo di estinzione come avviene nei plagioclasii.

Talvolta la zonatura non è più presente, data la facile riequilibrio del cristallo col liquido (solo per certi fasi), a causa del facile interscambio tra i cationi coinvolti (es. interscambio Fe-Mg nell'olivina).

Olivine – soluzioni solide isomorfe Forsterite (Mg_2SiO_4) – Fayalite (Fe_2SiO_4)



<http://www.alexstrekeisen.it/english/vulc/zoning.php>

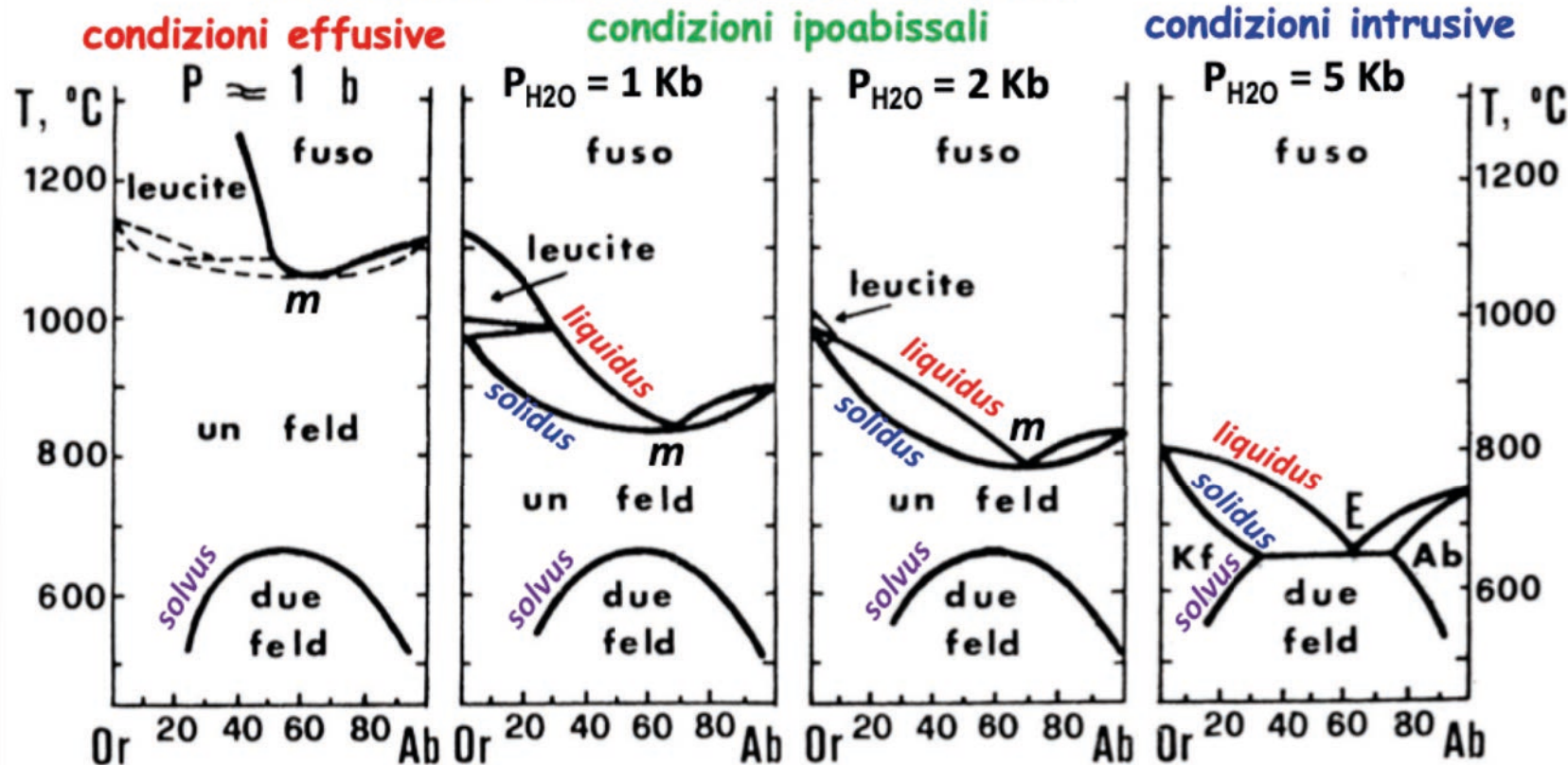
Sistema binario con componenti parzialmente o totalmente miscibili allo stato solido

K-feldspato - Albite

K-feldspato (KAlSi_3O_8) – Albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)

Soluzione solida a miscibilità completa ad alte T e basse P e a miscibilità parziale a bassa T e alta $P_{\text{H}_2\text{O}}$

(in crosta $1\text{Kb} \approx 3.7\text{ km}$ per ρ graniti $\approx 2.7\text{ g/cm}^3$)

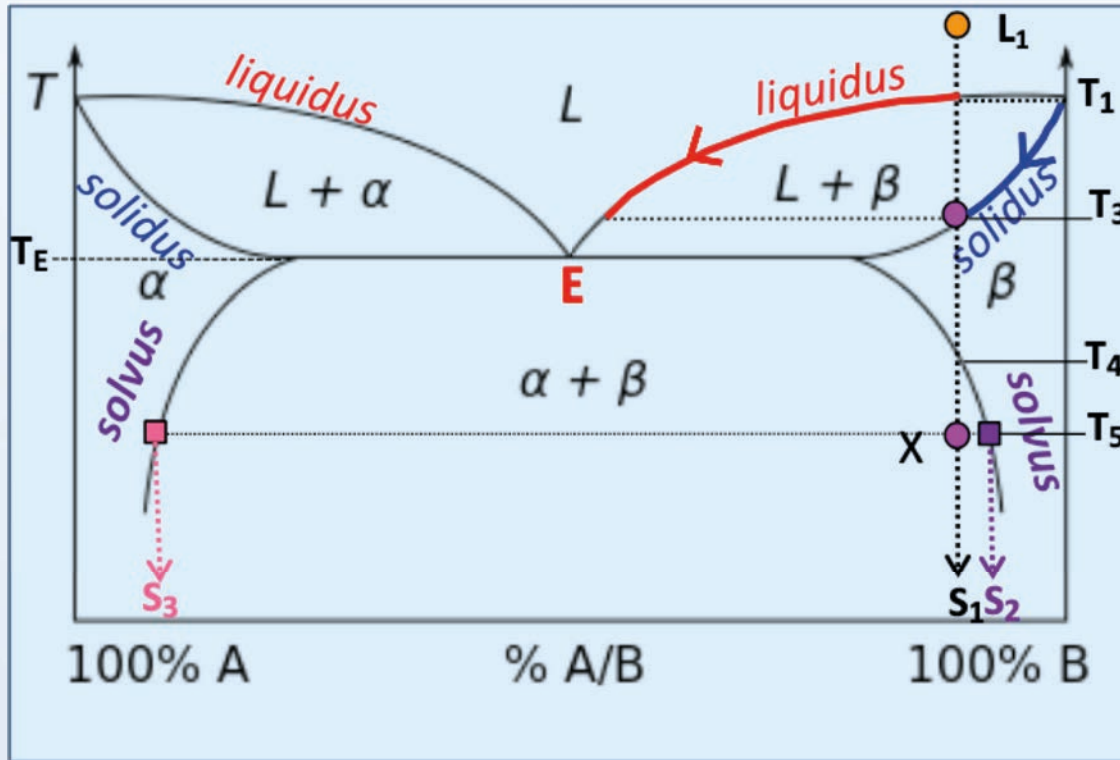


L'aumento della $P_{\text{H}_2\text{O}}$ abbassa le T di **liquidus** e **solidus**



intersezione di **liquidus** e **solidus** con il **solvus**
minimo termico (m) diventa Eutettico

Soluzione solida miscibilità parziale – caso generale



Cristallizzazione all'equilibrio

Solvus: curva che determina il campo all'interno del quale non esiste miscibilità / curva di smistamento

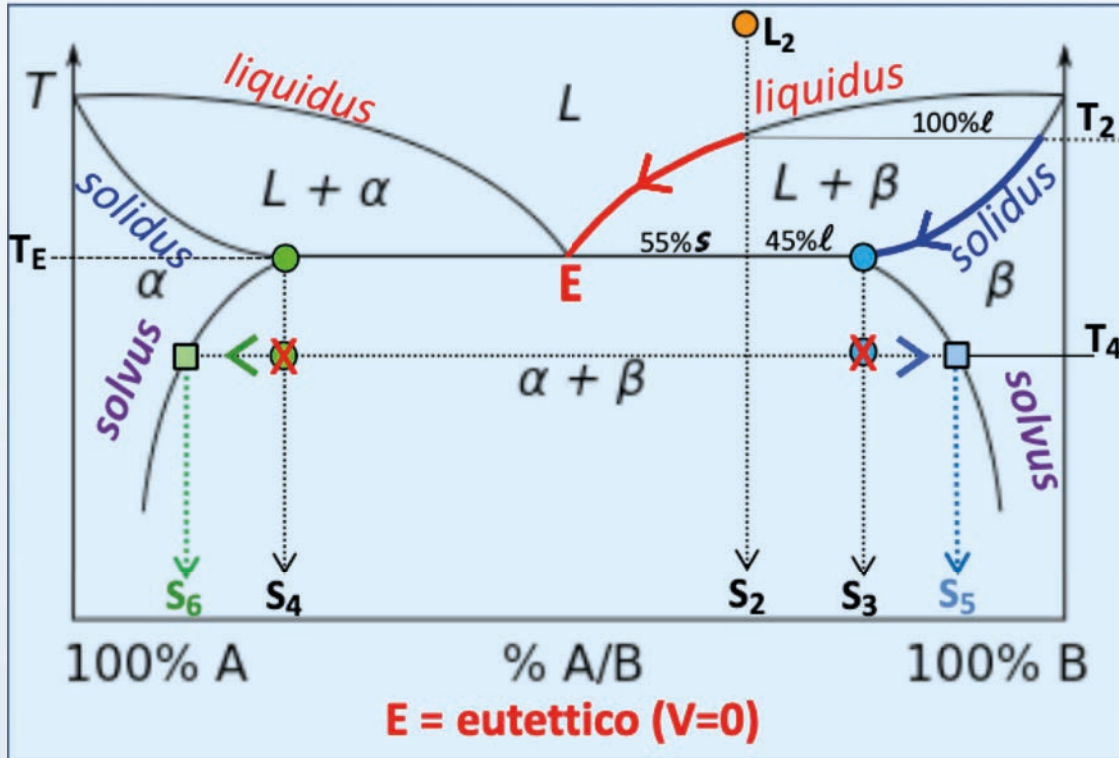
α , β = soluzioni solide

Per liquidi di partenza con 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 $S_1 = L_1$.

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 .

Soluzione solida miscibilità parziale – caso generale



Cristallizzazione all'equilibrio

Solvus: curva che determina il campo all'interno del quale non esiste miscibilità / curva di smistamento

α , β = soluzioni solide

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.

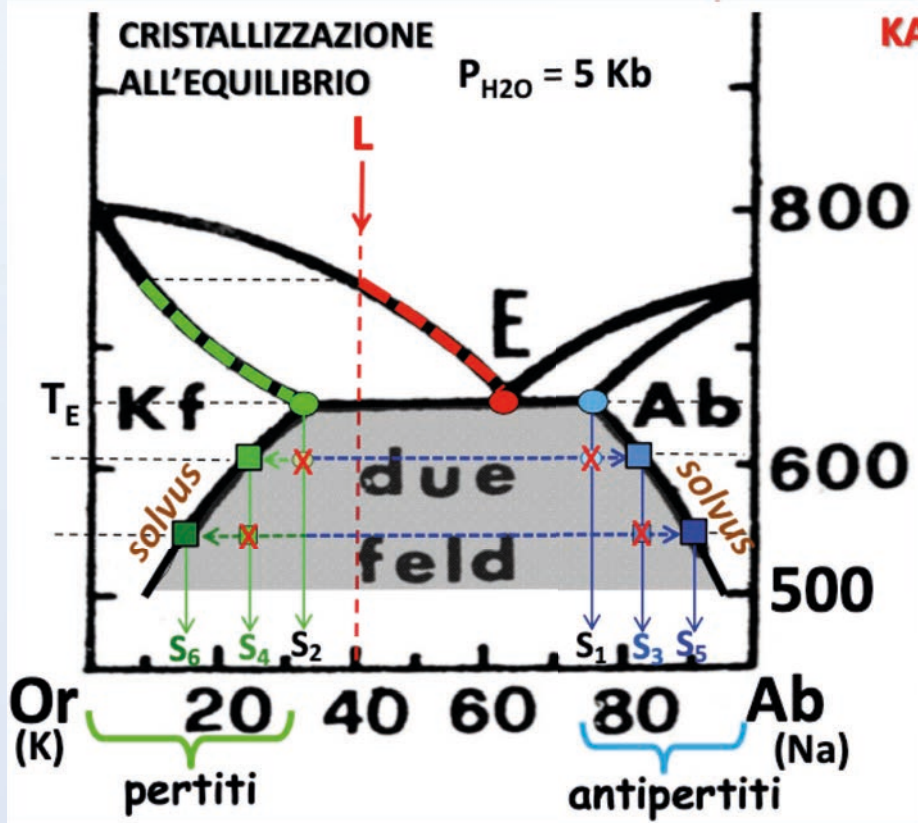
Durante il raffreddamento, per es. a T_4 , né la fase β di composizione S_3 né la fase α di composizione S_4 sono in equilibrio alla T_4 (cadono all'interno del solvus!). Il processo di equilibratura comporta che il solido S_3 cambia la sua composizione in S_5 essolvendo il componente α di composizione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

Sistema K-feldspato - Albite

(Bassa T e alta P → Soluzione solida miscibilità parziale)

K-feldspato (KAlSi_3O_8) – Albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)

Soluzione solida a miscibilità completa ad alte T e basse P e a miscibilità parziale a bassa T e alta $P_{\text{H}_2\text{O}}$



Per un liquido L la cristallizzazione finisce nel punto eutettico E ($T=650^\circ\text{C}$) con produzione di due fasi:

- feldspato ricco in Na di composizione S_1
- feldspato ricco in K di composizione S_2 .

Se alla fine della cristallizzazione, segue un processo di lento raffreddamento → condizioni intrusive:

A $T=600^\circ\text{C}$, il Na-feldspato di composizione S_1 passa a composizione S_3 essolvendo (smistando) K-feldspato di composizione S_4 . A 550°C passa a composizione S_5 essolvendo K-feldspato di composizione S_6 .

Risultato → Na-feldspato con lamelle di essoluzione di K-feldspato → **Antiperititi**

Contemporaneamente:

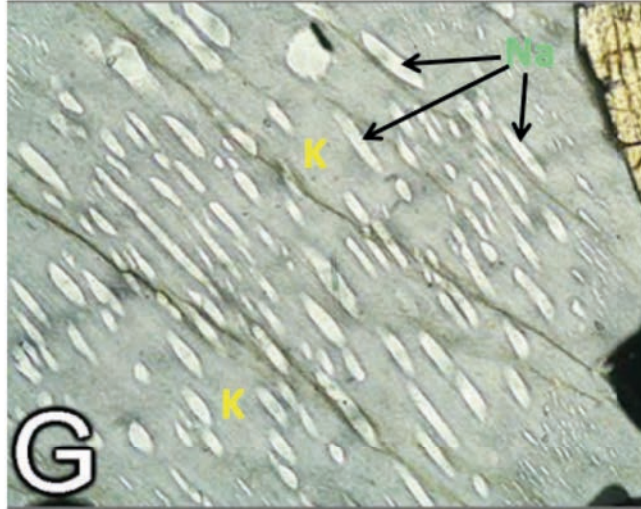
A $T=600^\circ\text{C}$, il K-feldspato di composizione S_2 passa a composizione S_4 essolvendo (smistando) Na-feldspato di composizione S_3 . A 550°C passa a composizione S_6 essolvendo K-feldspato di composizione S_5 .

Risultato → K-feldspato con lamelle di essoluzione di Na-feldspato → **Perititi**

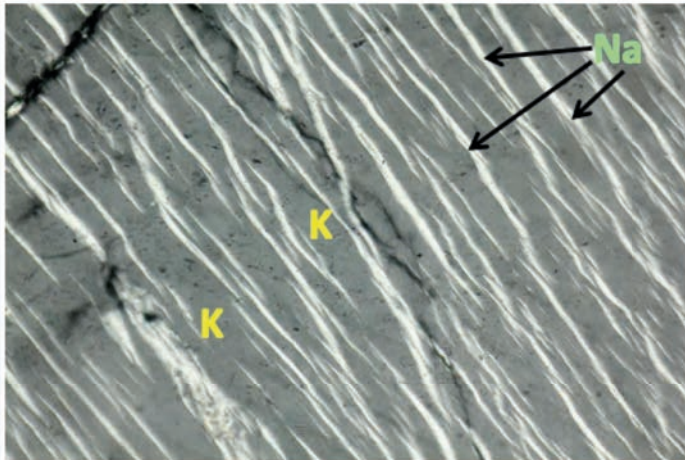
Sistema K-feldspato - Albite

(Bassa T e alta P → Soluzione solida miscibilità parziale)

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



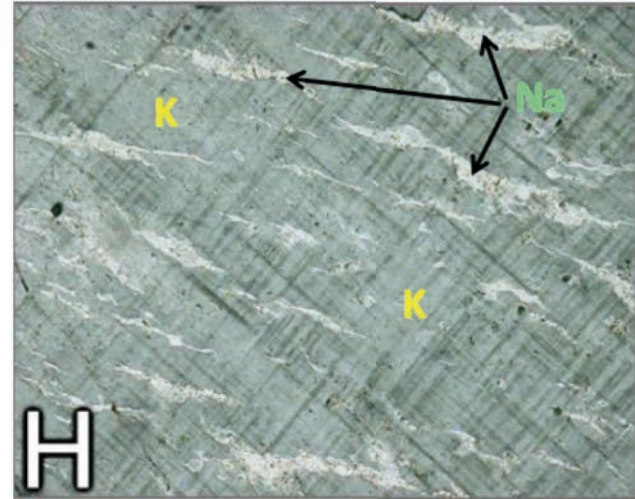
Feldspato pertitico: K-feldspato con smistamenti di Na-feld (vene chiare)



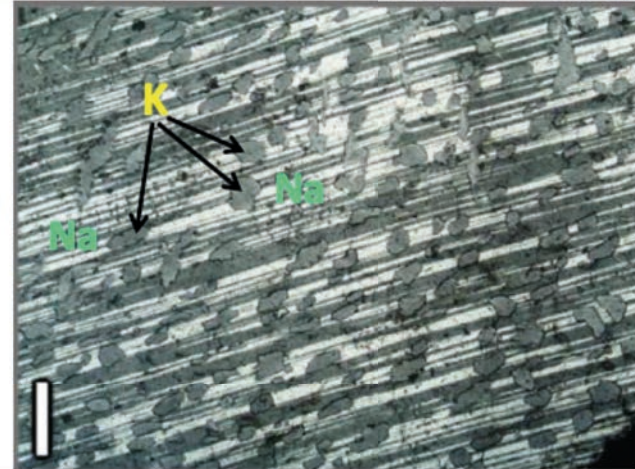
IN ROCCE INTRUSIVE

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