

SCHEMA PER L'IDENTIFICAZIONE DI UN MINERALE

Nicol //

Minerale da identificare

opaco

trasparente

forma

rilievo

colore, pleocroismo

sfaldature

Nicol X

isotropo

anisotropo

birifrangenza

estinzione

Conosc.

uniassico

biassico

2V

+ -

+ -

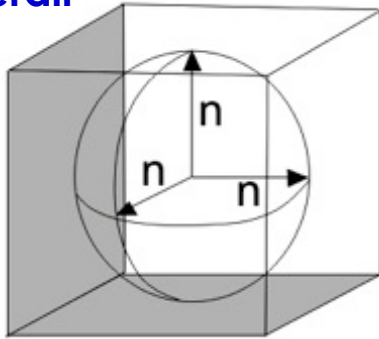
Il comportamento della luce nei minerali è descritto da:

INDICATRICE OTTICA

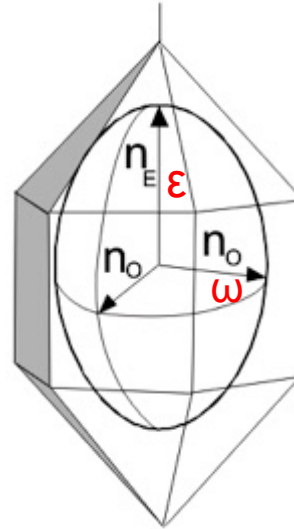
solido che descrive la variazione della velocità della luce nel minerale (quindi la variazione degli indici rifrazione n), al variare della sua direzione di propagazione.

1 La forma geometrica dell'indicatrice ottica cambia con la simmetria dei minerali

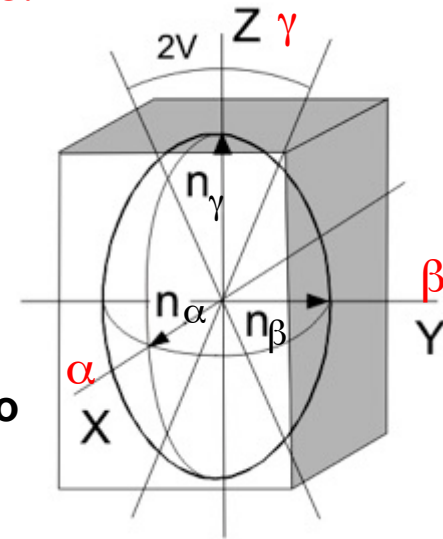
sfera
sistema cubico



ellissoide a 2 assi
sistema: trigonale esagonale tetragonale



ellissoide a 3 assi
sistema: rombico monoclinico triclinico

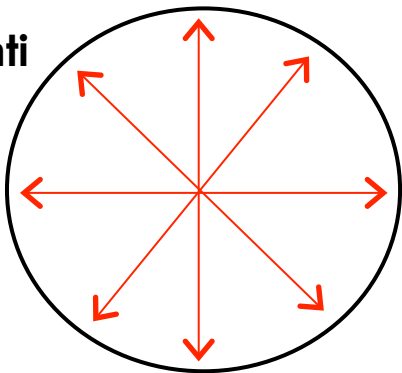


2 Al microscopio il minerale è rappresentato dalla sezione dell'I.O. perpendicolare alla direzione di propagazione della luce e passante per il centro dell'IO.

Direzione dei semiassi nella sezione staccata = permesse direzioni di vibrazione della luce
Lunghezza semiassi della sezione staccata = valori di n

minerali monorifrangenti
sezione circolare

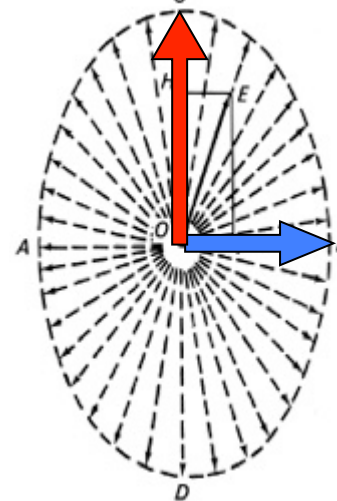
La luce si propaga in tutte le direzioni con uguale velocità



minerali birifrangenti

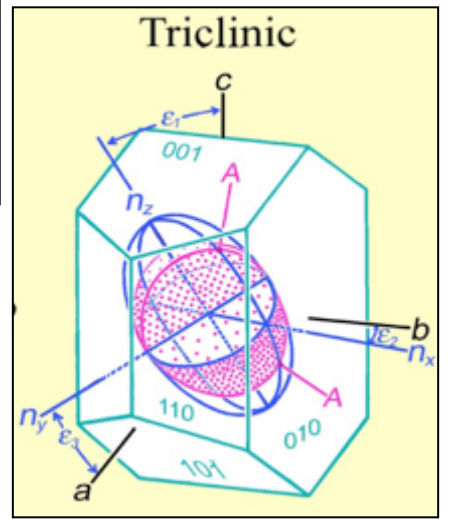
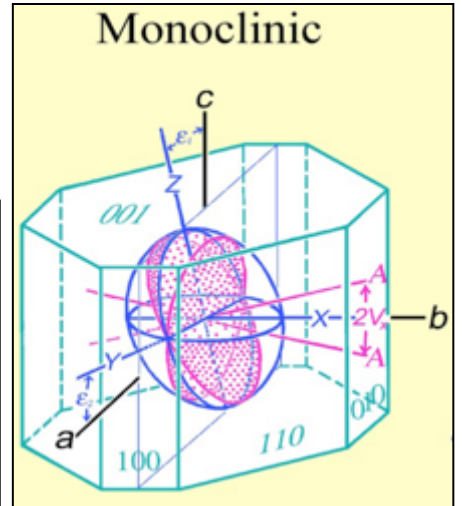
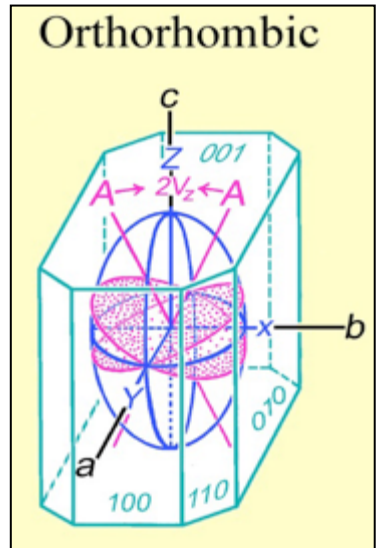
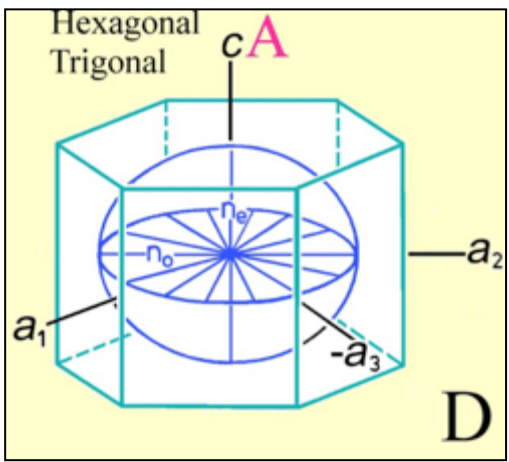
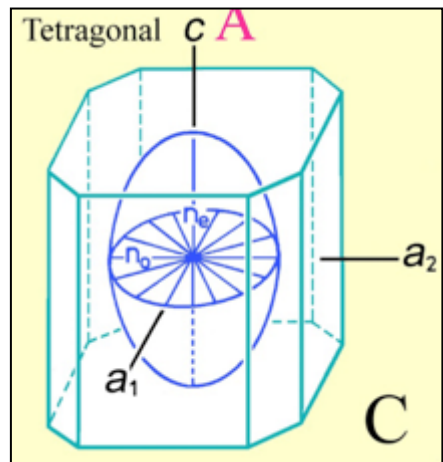
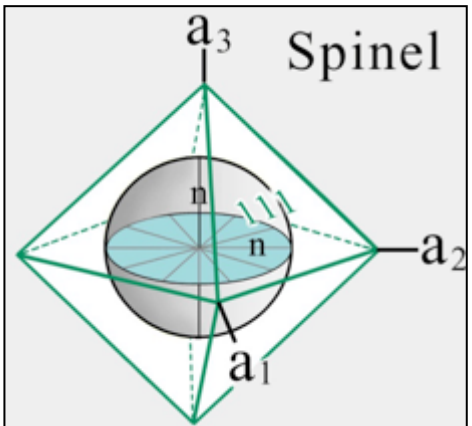
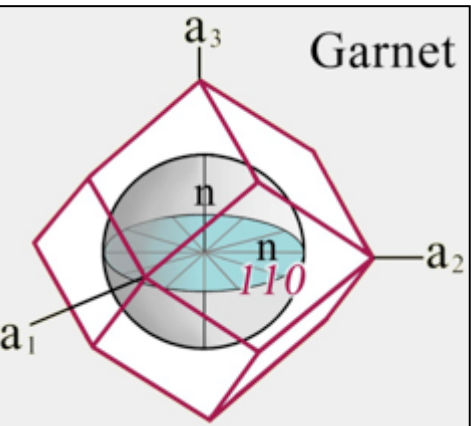
Tranne 1 caso nell'ellissoide a 2 assi e 2 casi nell'ellissoide a 3 assi, la

sezione è ellittica



Nella sezione ellittica la luce si scinde in 2 raggi polarizzati secondo i semiassi, che si propagano con velocità diverse

Le indicatrici ottiche devono essere sempre pensate come associate ai minerali



CRISTALLI UNIASSICI

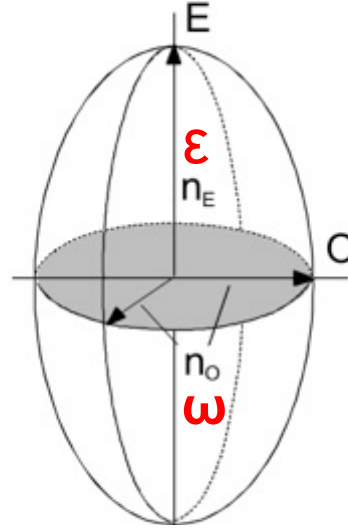
E = ϵ = epsilon
O = ω = omega

In 1 caso la sezione è circolare
La perpendicolare a tale sezione è l'asse ottico (1)

In questa sezione il minerale si comporta come monorifrangente

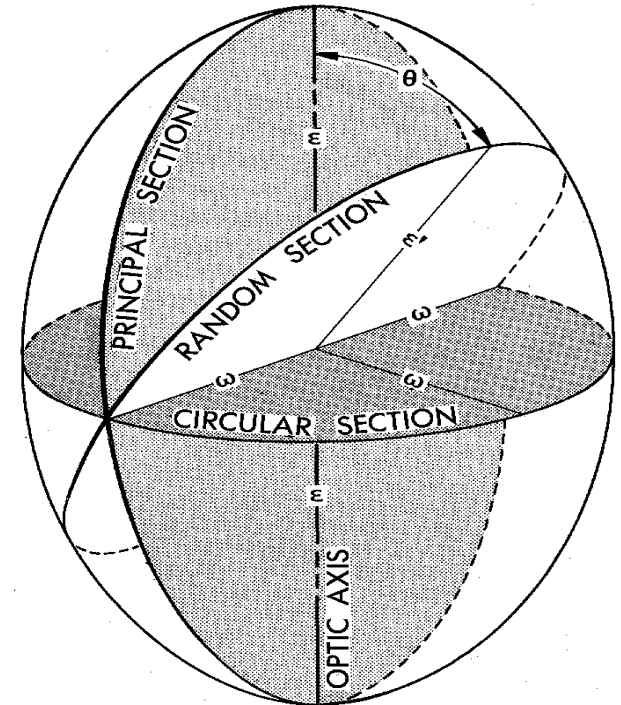
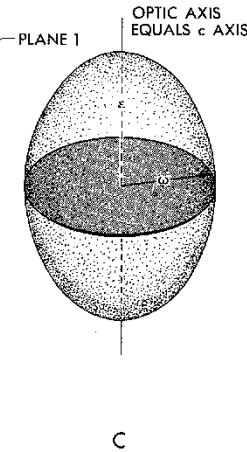
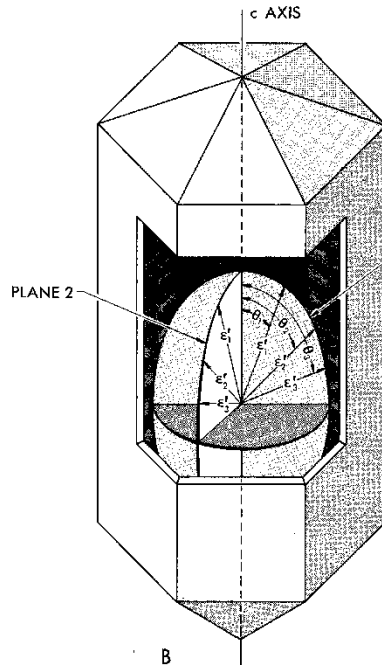
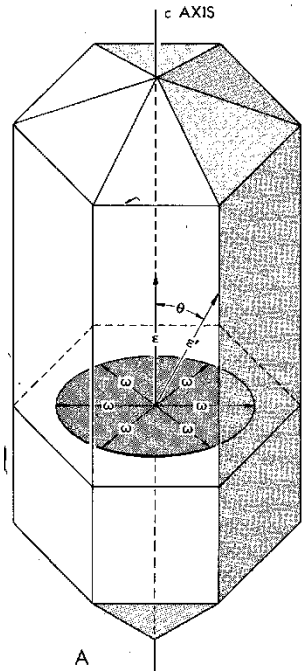
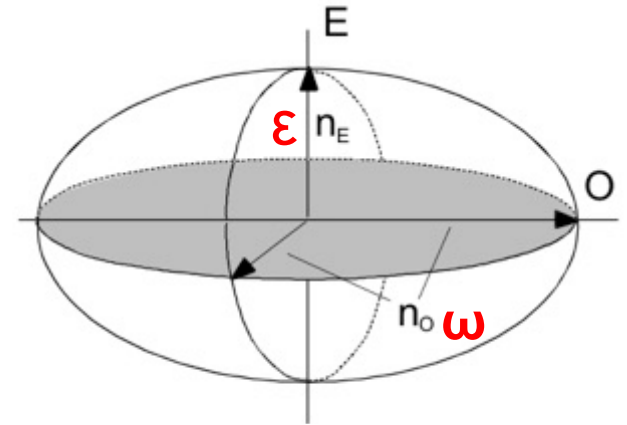
Uniassico Positivo

$$n_E > n_O$$



Uniassico Negativo

$$n_E < n_O$$



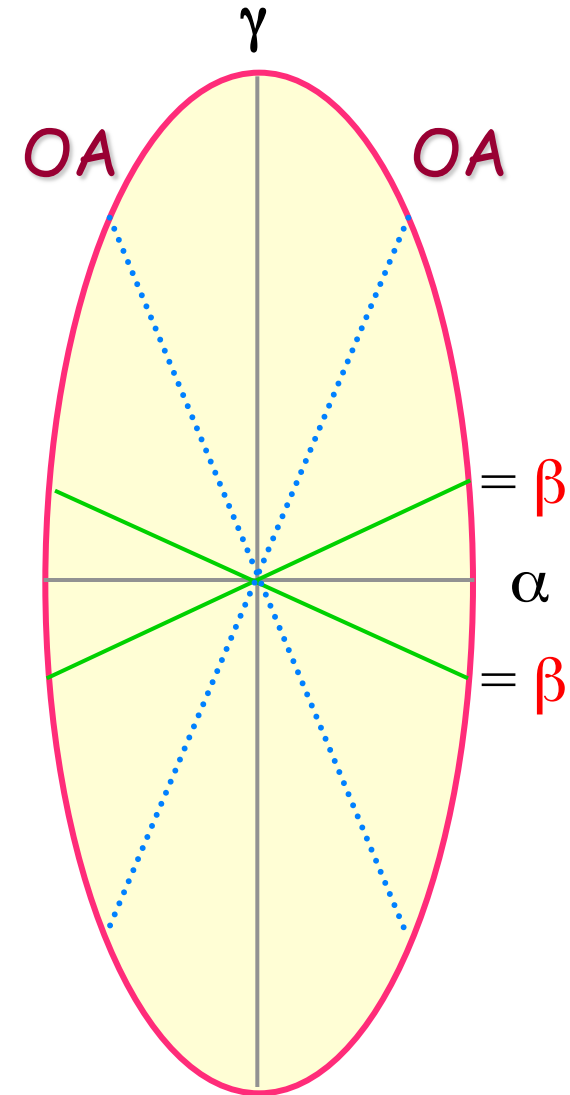
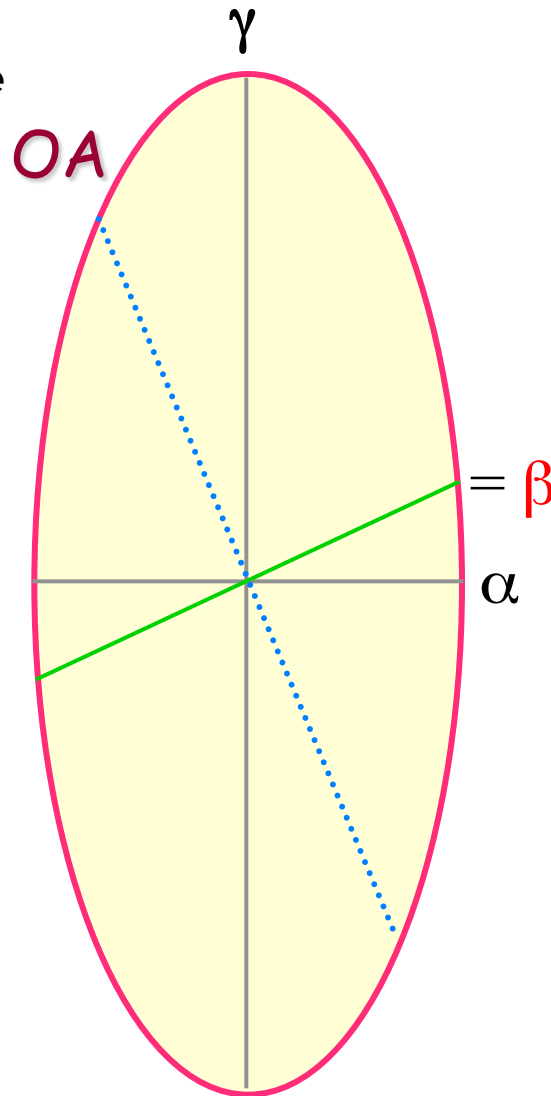
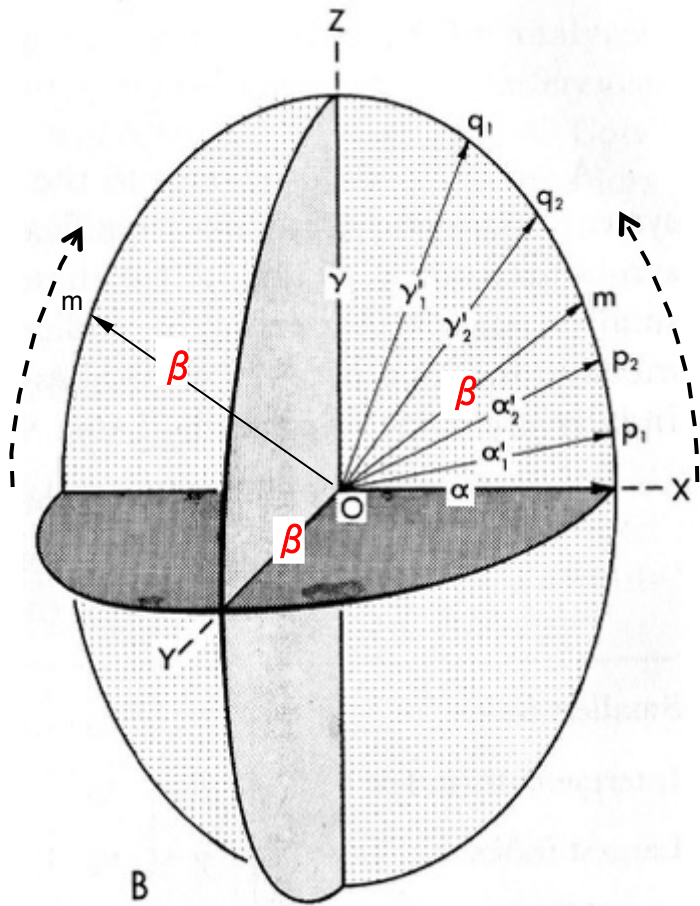
Sezioni diverse staccate sull'indicatrice ottica

CRISTALLI BIASSICI

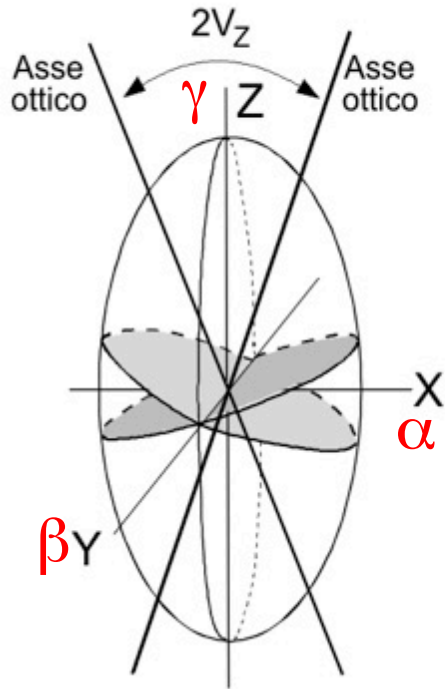
dato che $\alpha < \beta < \gamma$, lungo la sezione $\alpha - \gamma$ ci sarà un punto con $n = \beta$
la sezione che passa per questo punto sarà circolare e la \perp ad essa è l'asse ottico

2 sezioni circolari \longrightarrow 2 assi ottici

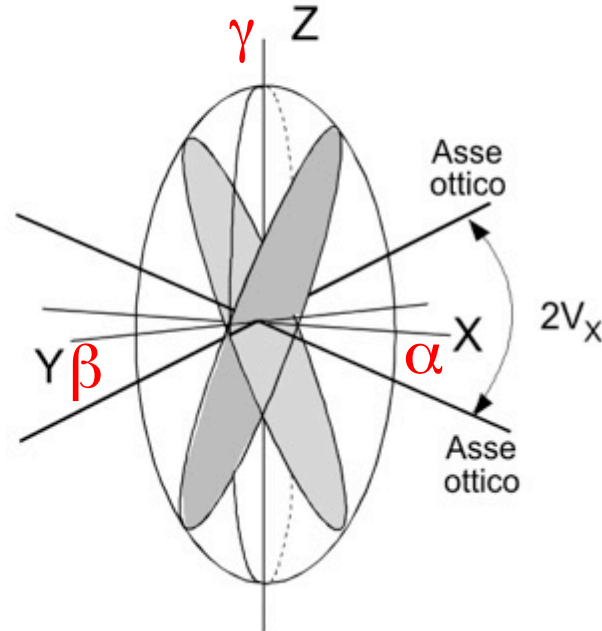
In queste 2 sezioni il minerale si comporta come monorifrangente



Biassico Positivo



Biassico Negativo



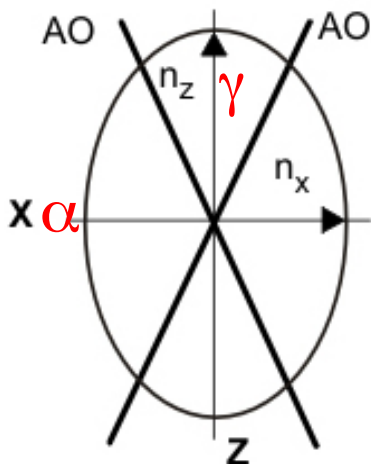
Le sezioni $\alpha - \gamma$ sono quelle di massima birifrangenza e che contengono il piano degli assi ottici.

Quando l'angolo definito dagli assi ottici ($2V$) è acuto intorno a γ il cristallo si dice otticamente positivo.

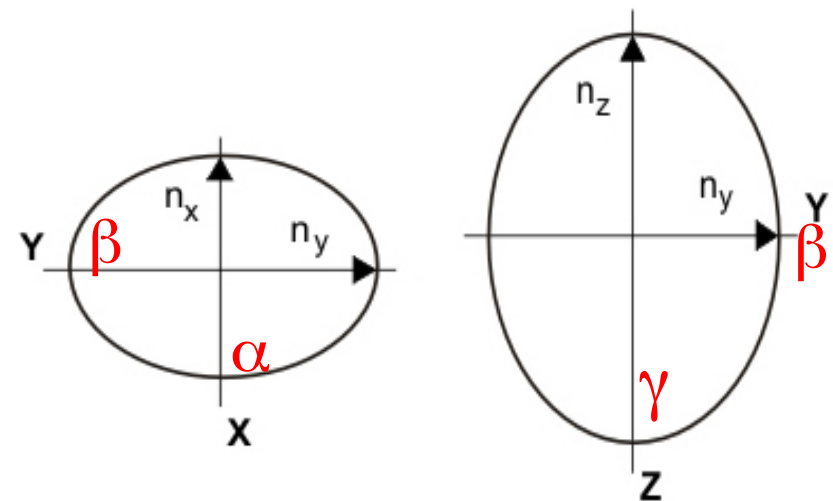
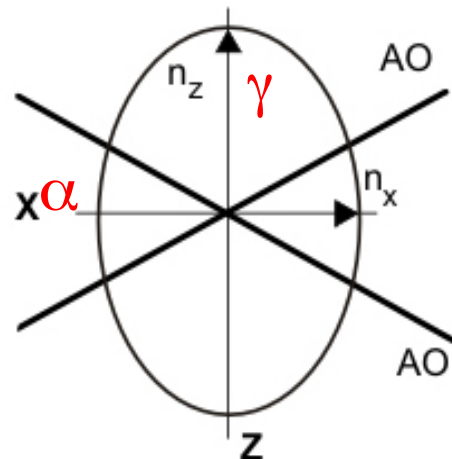
Quando $2V$ è acuto intorno a α il cristallo è detto otticamente negativo.

Sezioni principali dell'indicatrice ottica di cristalli biassici

Positivo

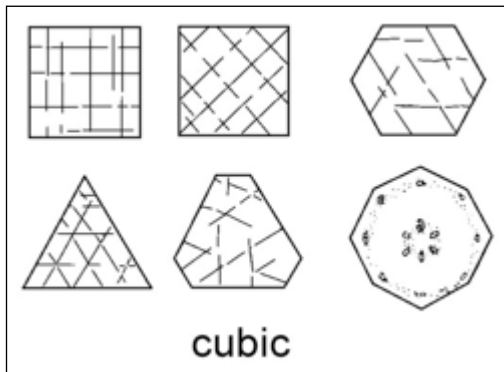


Negativo



FORMA

in sezione sottile, la morfologia in 3-D del minerale (e quindi la sua appartenenza ad un certo gruppo di simmetria) può essere dedotta – se il minerale è idiomorfo – dai suoi contorni su differenti sezioni di taglio

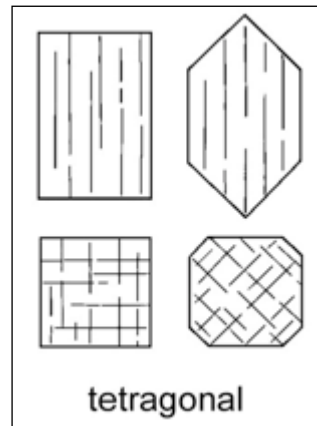


cubic

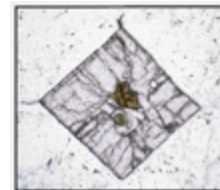
Il sistema cristallino condiziona la forma dei cristalli



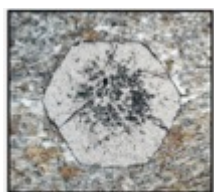
La forma dei cristalli dà indicazioni sul sistema cristallino



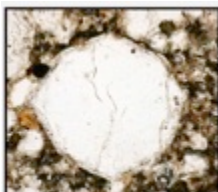
tetragonal



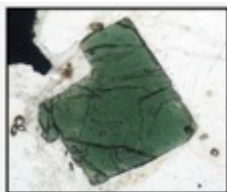
Zircon $\perp c$



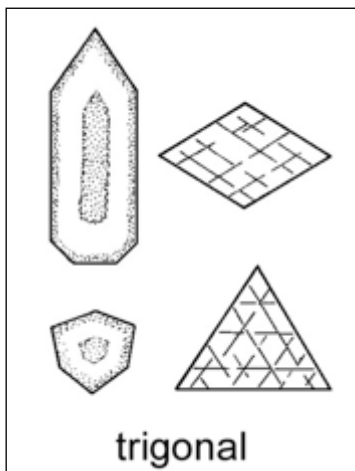
Almandine



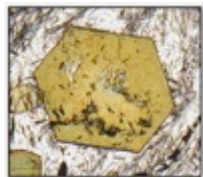
Leucite



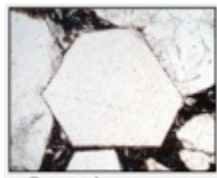
Hercynite



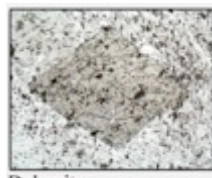
trigonal



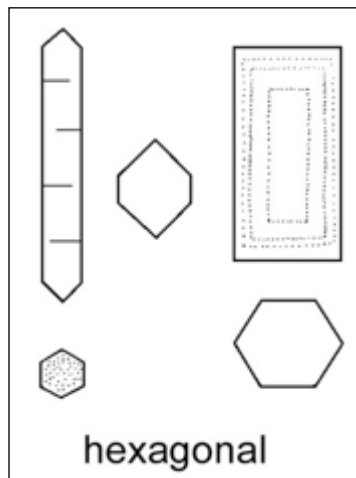
Tourmaline $\perp c$ and $\parallel c$



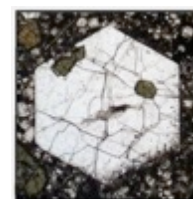
α -Quartz $\perp c$



Dolomite



hexagonal



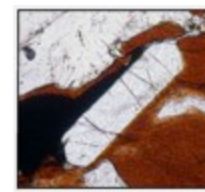
Nepheline $\perp c$



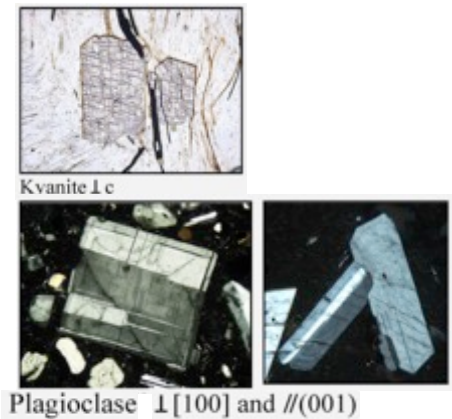
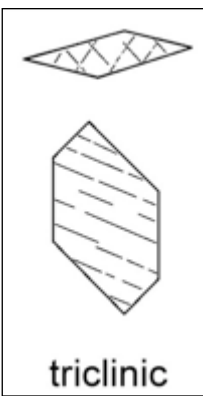
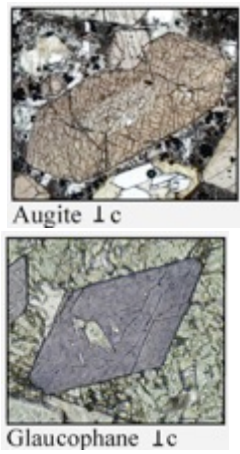
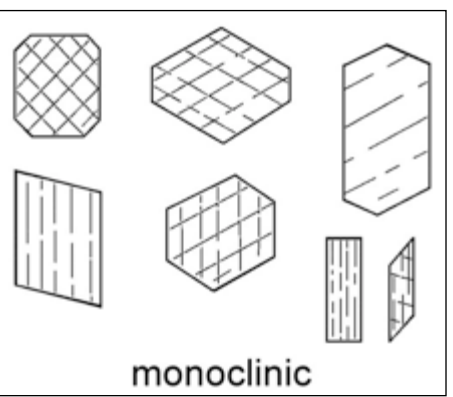
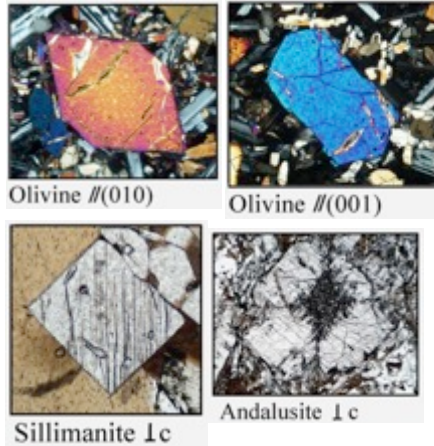
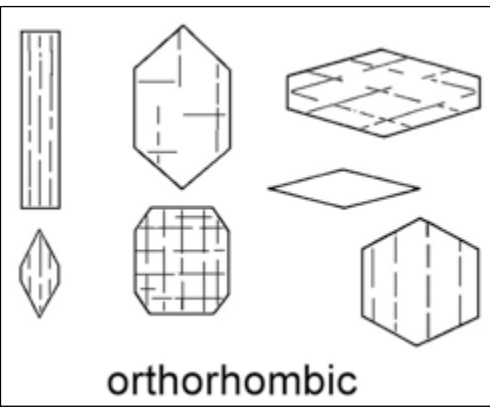
Nepheline $\parallel c$



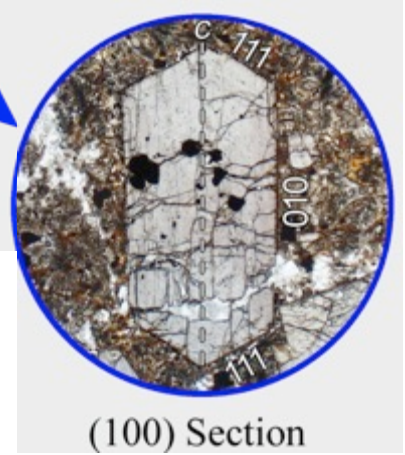
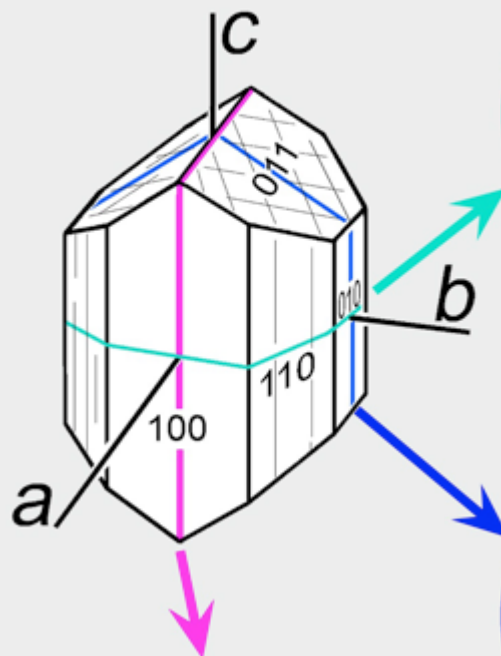
Apatite \perp and $\parallel c$



Esempio di relazione tra morfologia del minerale e sezione di taglio per un minerale del gruppo dei pirosseni



Titanaugite



La forma PERO' dipende anche da

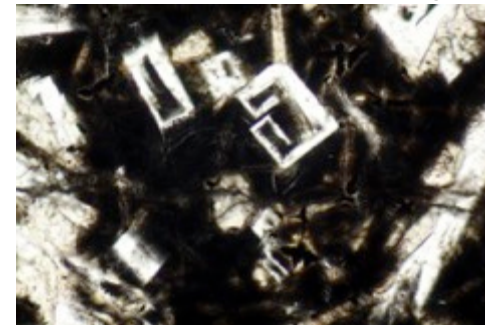
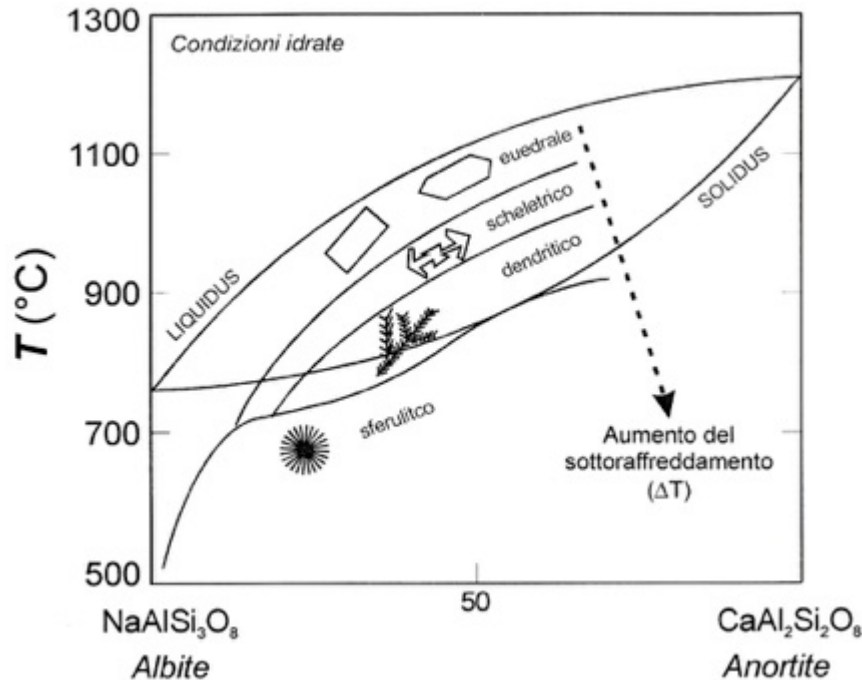


- stato di sottoraffreddamento del magma
- ordine di cristallizzazione delle fasi cristalline
- processi di corrosione e riassorbimento magmatico
- processi di ricristallizzazione e deformazione

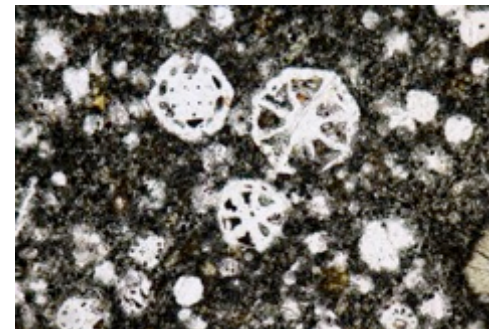


A: forme più comuni
 B: forme prodotte da un rapido raffreddamento del magma

Esempi di cristalli scheletrici dovuti al sottoraffreddamento del magma

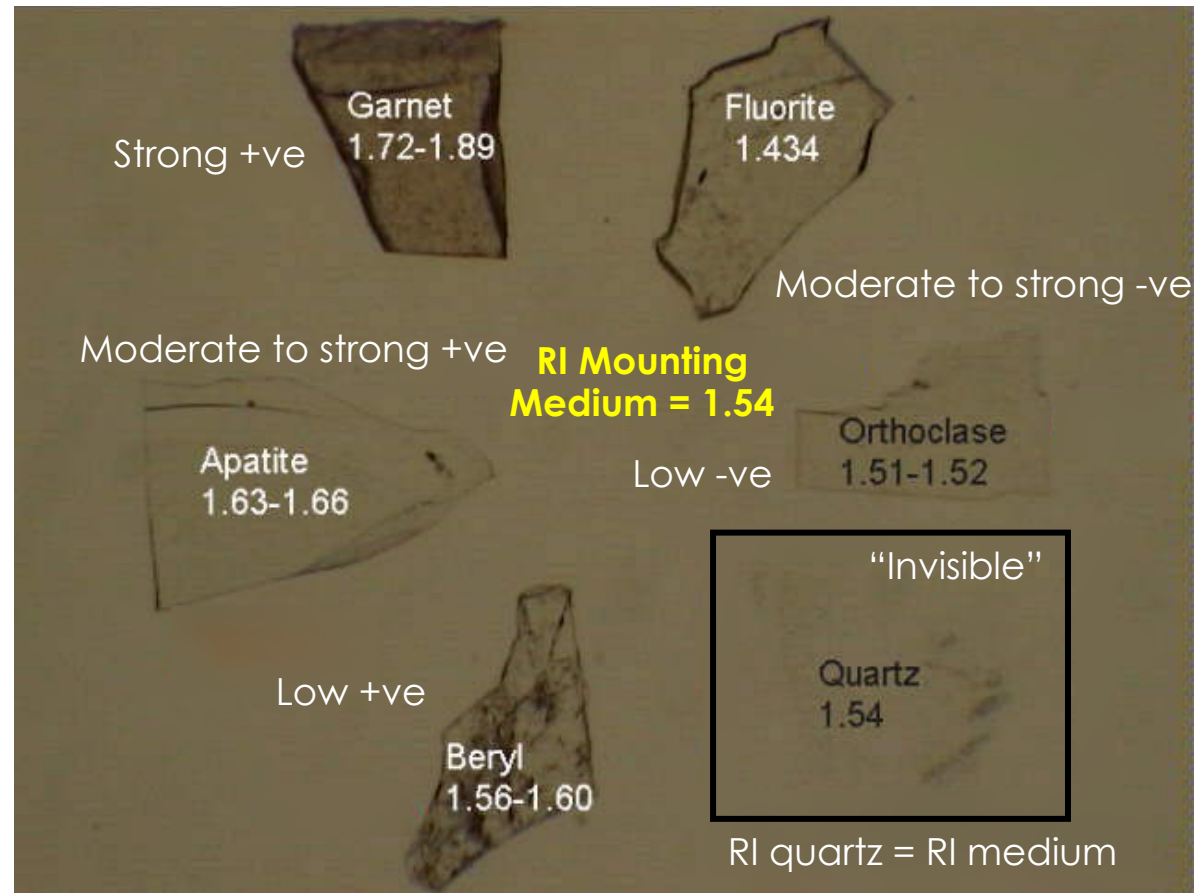
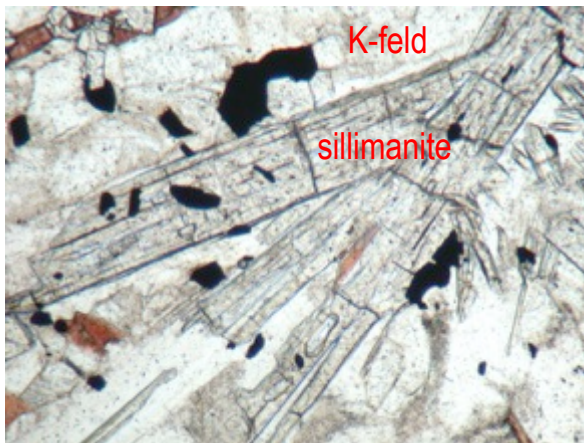
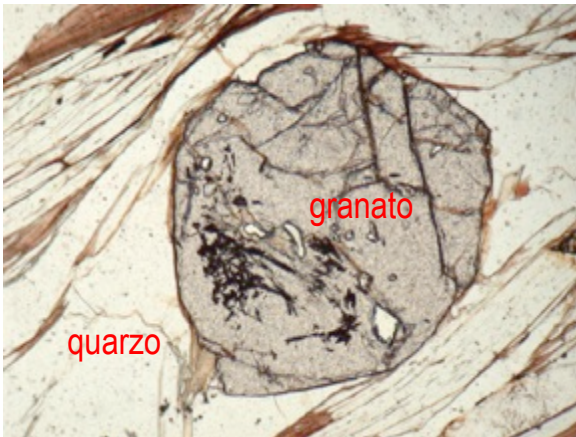
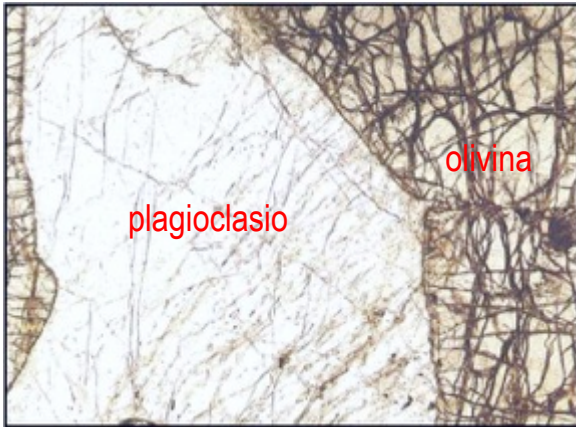


microcristalli scheletrici di plag in una lava pillow



microcristalli di leucite a "ruota di carro" in una tefrite

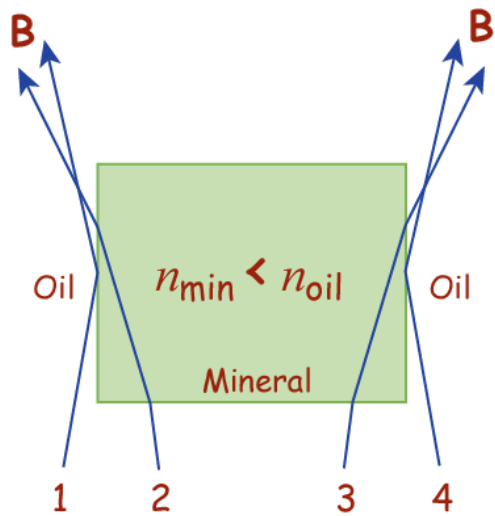
RILIEVO: dipende dall'indice di rifrazione



Differenza di rilievo tra alcuni minerali e il mezzo inglobante con I.R. = 1.54 (resina epossidica)

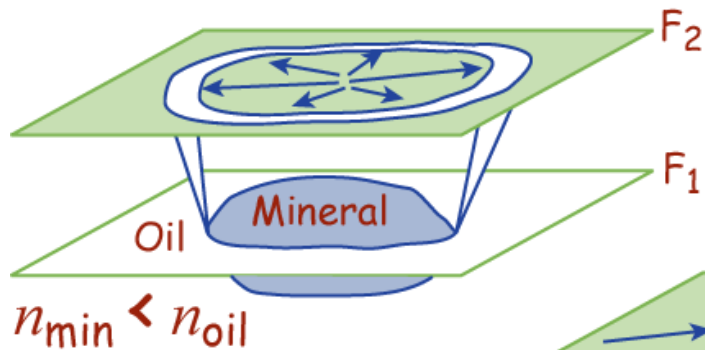
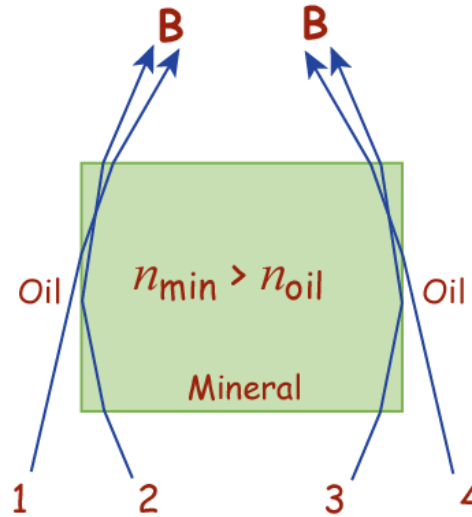
I raggi 1 e 4 colpiscono il contatto verticale minerale-oil ad un angolo $>$ dell'angolo critico e vengono riflessi nell'oil. I Raggi 2 e 3 vengono rifratti nell'oil.

Si forma una linea luminosa (linea di Becke) esterna al minerale

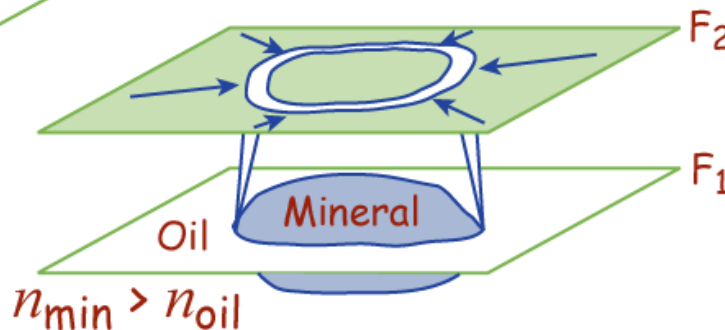


I raggi 1 e 4 vengono rifratti nel minerale. I raggi 2 e 3 colpiscono il contatto verticale minerale-oil ad un angolo $>$ dell'angolo critico e vengono riflessi all'interno del minerale

Si forma una linea luminosa (linea di Becke) interna al minerale



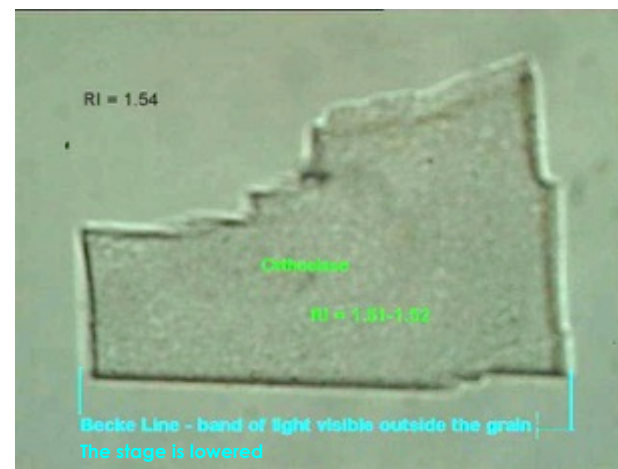
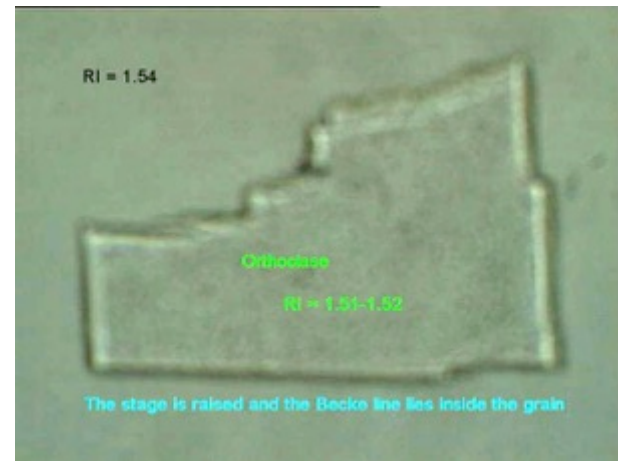
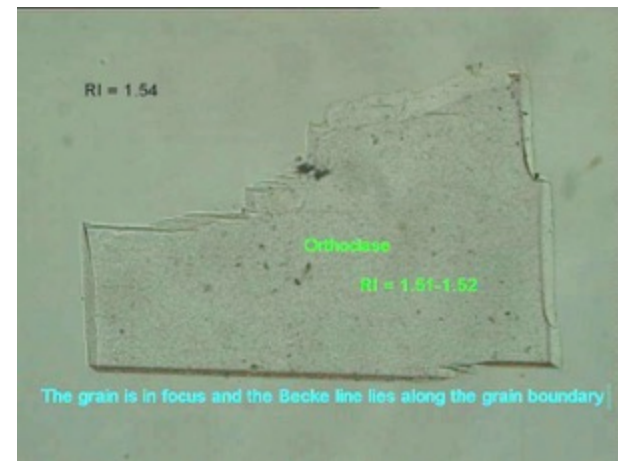
Spostamento della linea di Becke quando il piatto del microscopio è abbassato



Abbassando il piatto del microscopio il fuoco va da F_1 a F_2 e la linea di Becke si sposta verso l'esterno del minerale se $n_{min} < n_{oil}$, e verso l'interno del minerale se $n_{min} > n_{oil}$

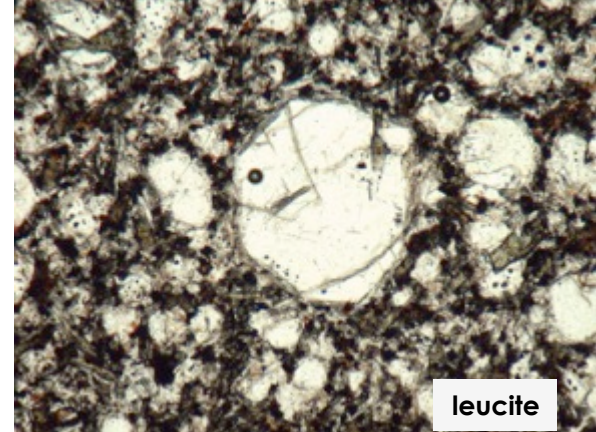
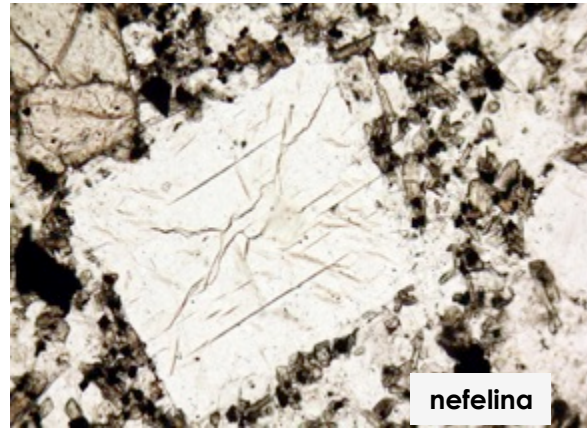
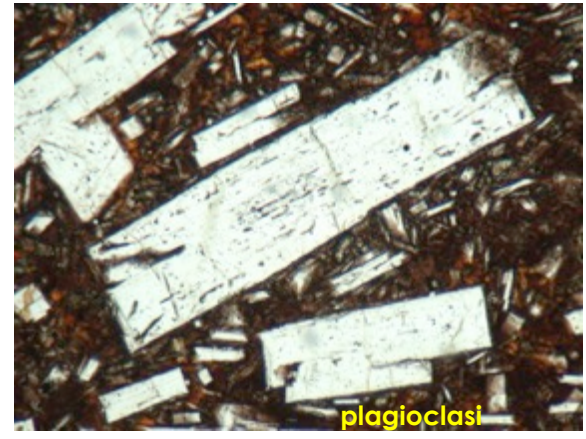
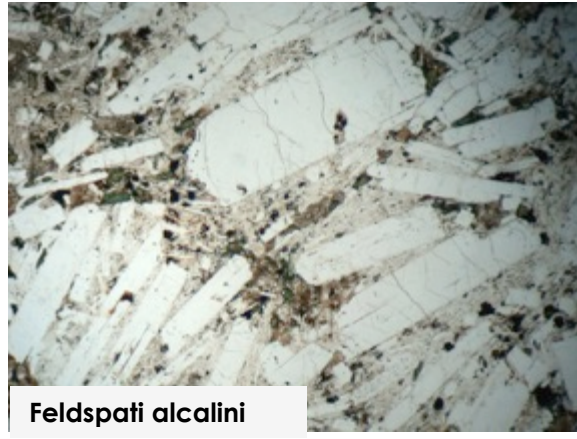
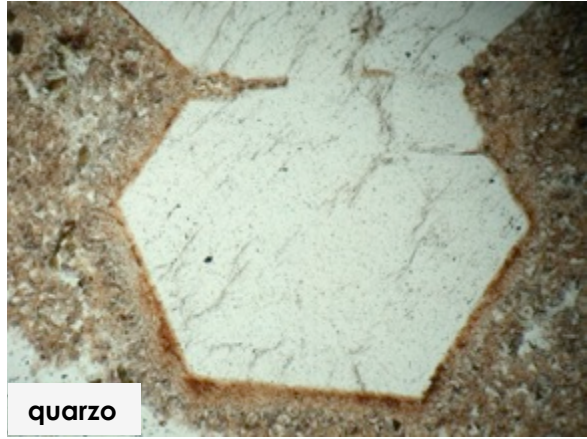
$n_{\min 1} > n_{\min 2}$

$n_{\min 1} < n_{\min 2}$

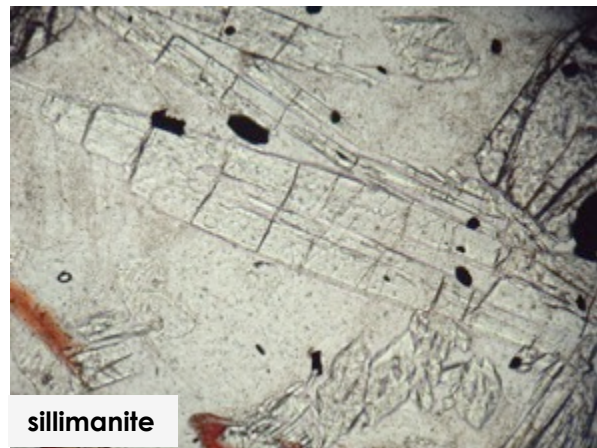
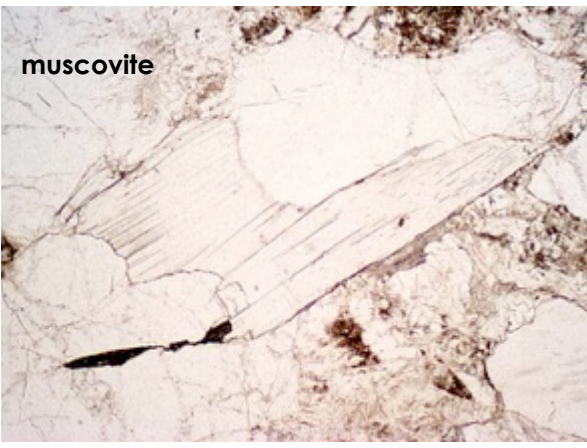


Abbassando il piatto del microscopio la linea di Becke entra nel minerale con n maggiore (o esce dal minerale con n minore). Il contrario alzando il piatto.

A dx: sviluppo della linea di Becke tra K-feld (i.r. = 1.51-1.52) e il mezzo inglobante, con i.r. uguale al quarzo (1.54), alzando e abbassando il piatto del microscopio



AL POLARIZZATORE :
COLORE
MINERALI SIALICI

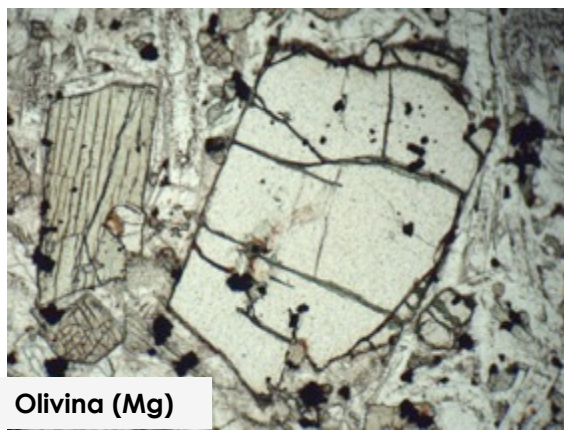


**AL POLARIZZATORE :
COLORE
MINERALI FEMICI**

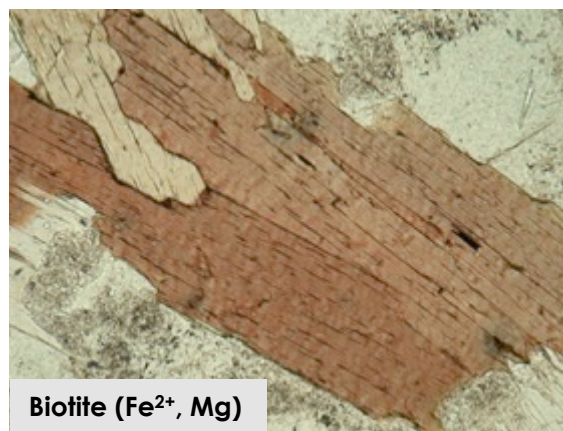
**dipende dalla struttura e
dalla composizione
chimica**

**A
N
F
I
B
O
L
I

P
I
R
O
S
S
E
N
I**



Olivina (Mg)



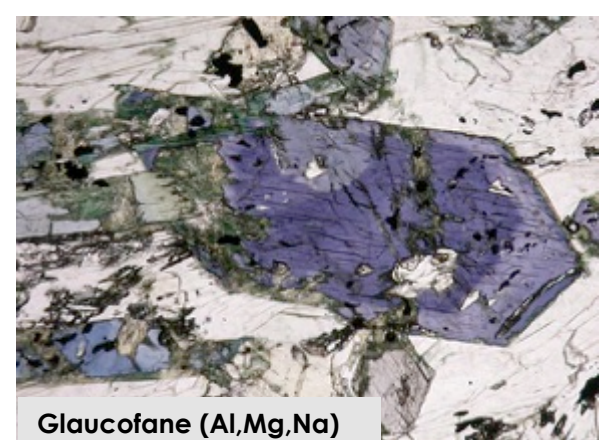
Biotite (Fe²⁺, Mg)



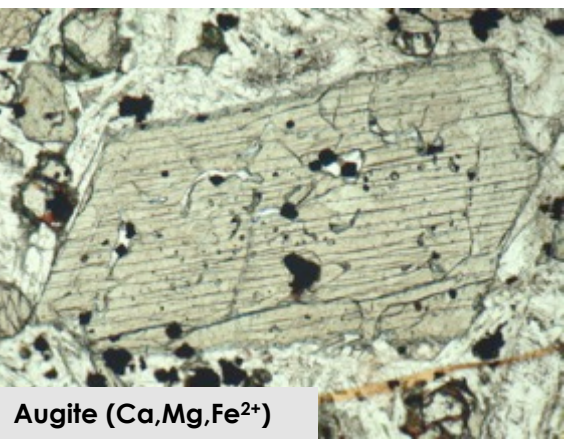
orneblenda verde (Fe²⁺, Mg)



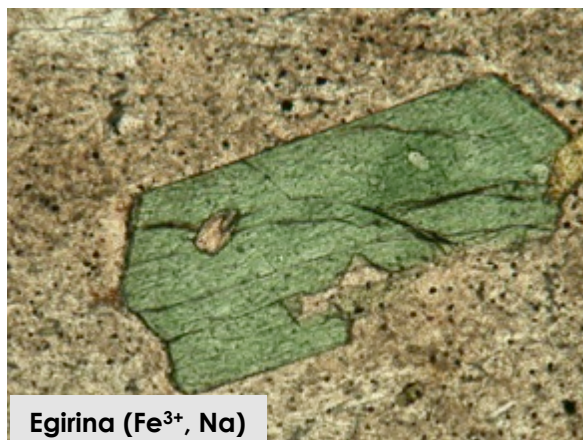
orneblenda bruna (Fe³⁺, Ti)



Glaucofane (Al, Mg, Na)



Augite (Ca, Mg, Fe²⁺)

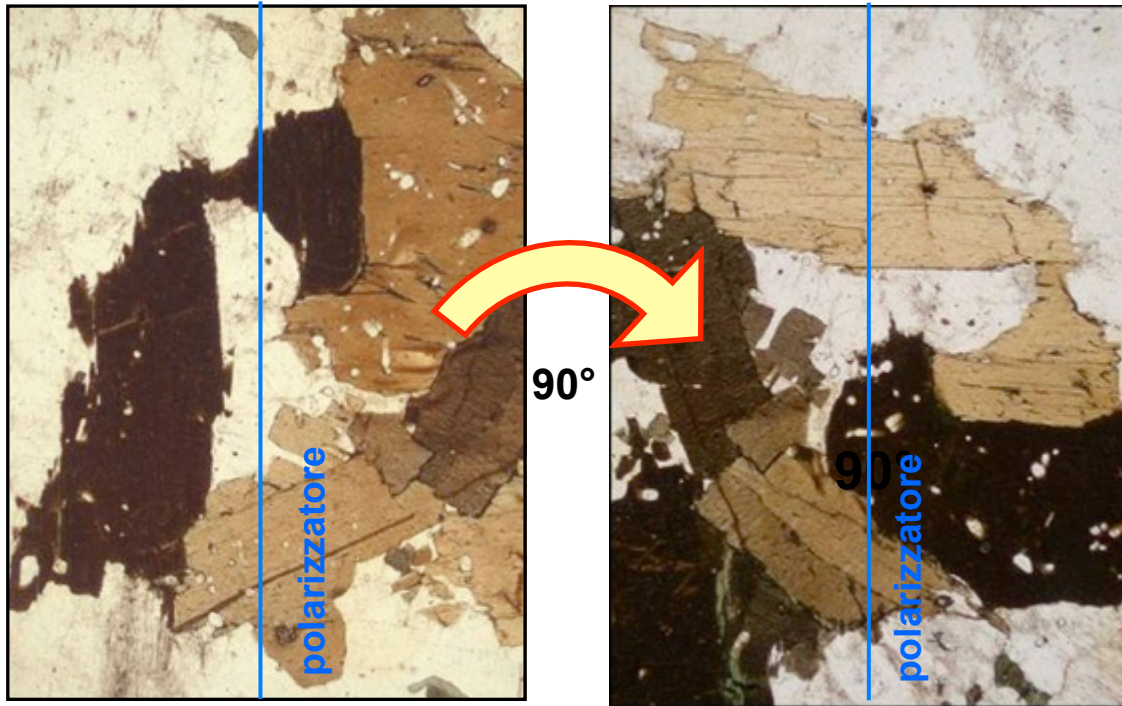


Egirina (Fe³⁺, Na)



Ti-augite

MINERALI COLOARATI ANISOTROPI : PLEOCROISMO (= cambiamento del colore di assorbimento)



I colori sono dovuti ad un selettivo assorbimento di una parte dello spettro visibile

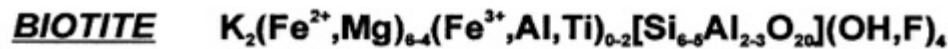
Variazione del colore = diverso assorbimento della luce nelle diverse direzioni ottiche

Si osserva ruotando il piatto del microscopio, cioè variando l'orientazione del minerale rispetto alla direzione del polarizzatore

Minerali monometrici: NO pelocroismo

Minerali uniassici : dicroici
(variazione tra 2 colori)

Minerali biassici : tricroici
(variazione tra 3 colori, corrispondenti alle direzioni X Y Z)

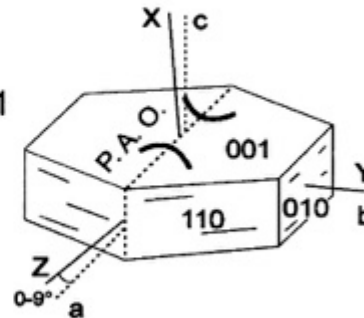


Fillosilicato Monoclino

$n_x = 1.571 - 1.616$ $n_z - n_x = 0.039 - 0.081$
 $n_y = 1.609 - 1.696$
 $n_z = 1.610 - 1.697$ $2V_x = 0 - 25^\circ$

Segno ottico → (-)

Peso specifico = 2.80 - 3.30 Durezza = 2 - 3

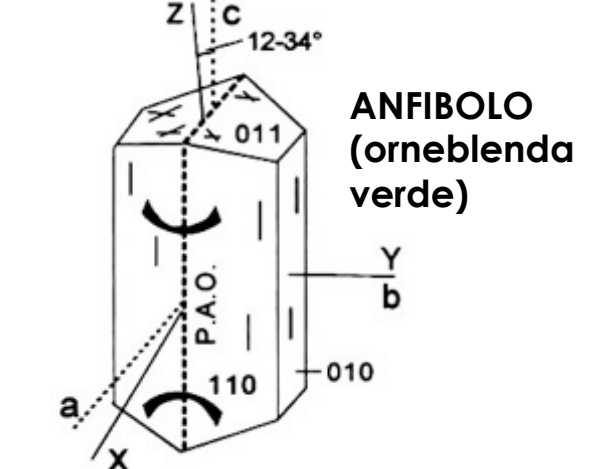
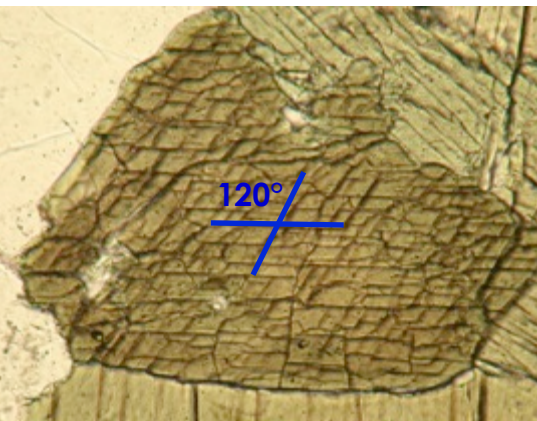
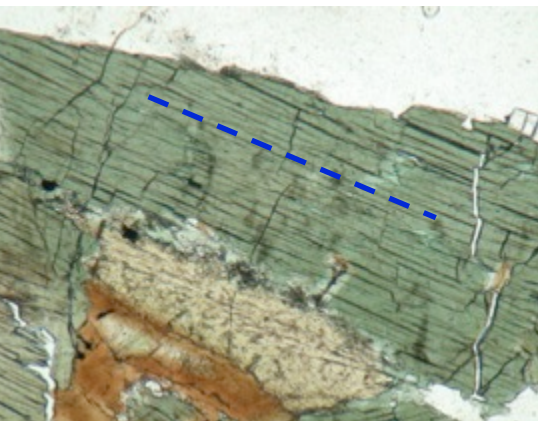
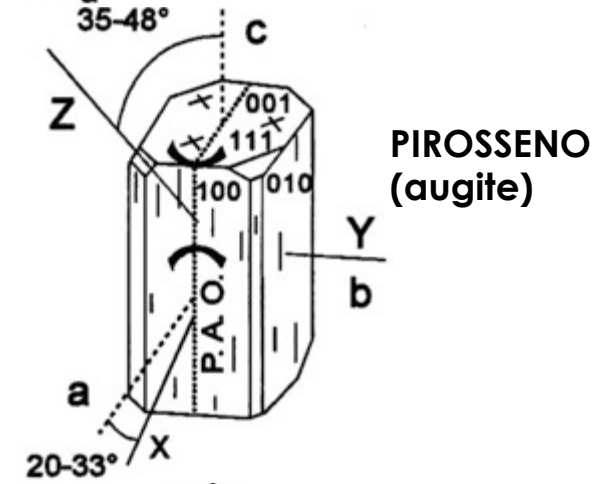
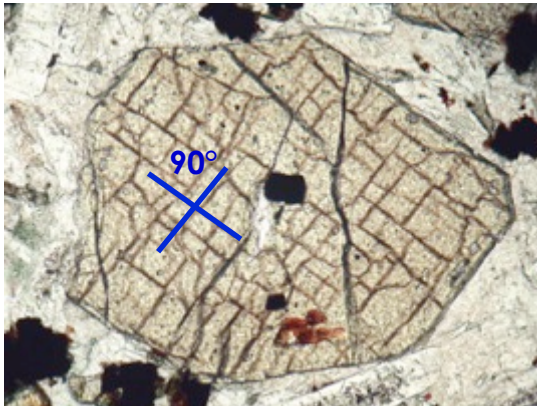
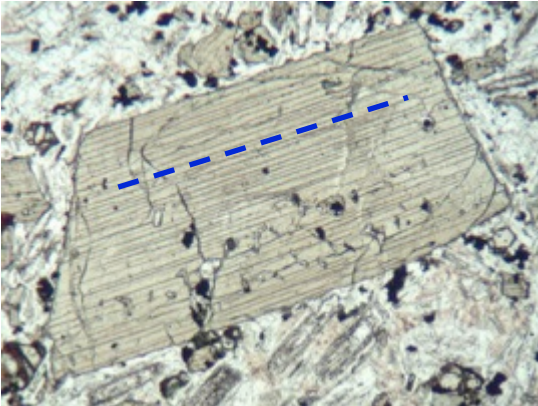
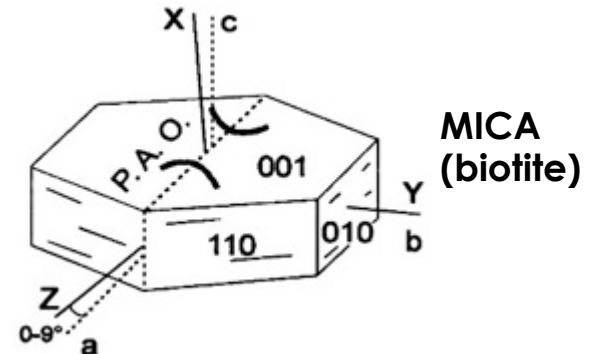
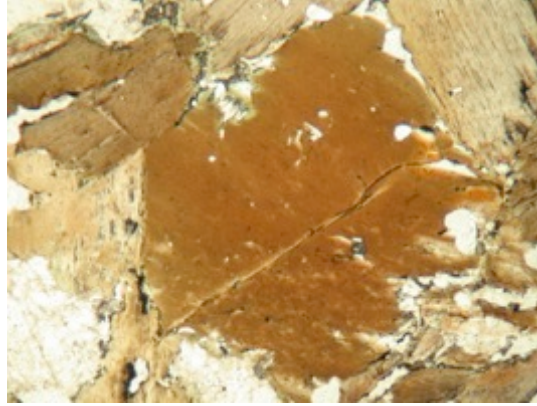
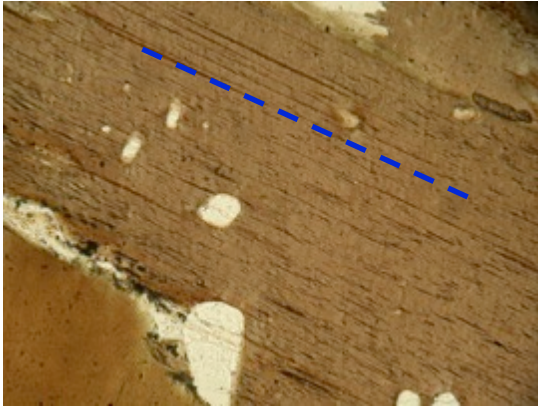


Es: Biotite – schema pleocroismo:
 X = giallo-giallo bruno
 Y≈Z = bruno scuro

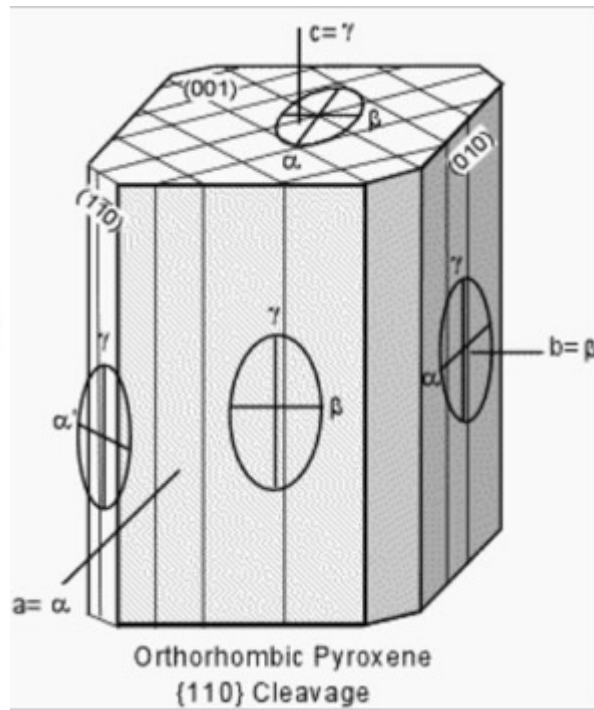
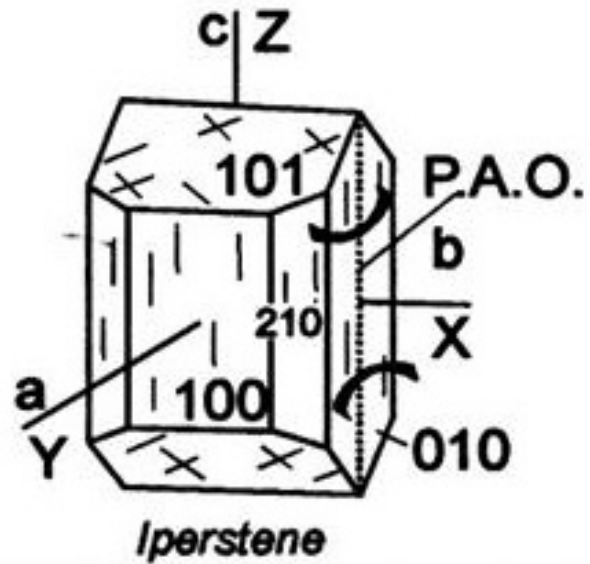
NB: siccome Y≈Z, sul piano basale (001) non si osserva il pleocroismo

SFALDATURE

Piani di debolezza nella struttura cristallina (legami più deboli)



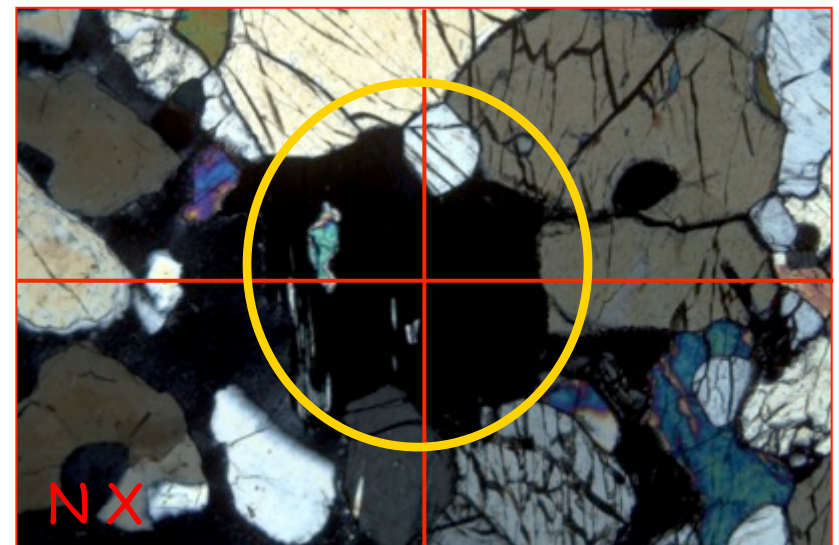
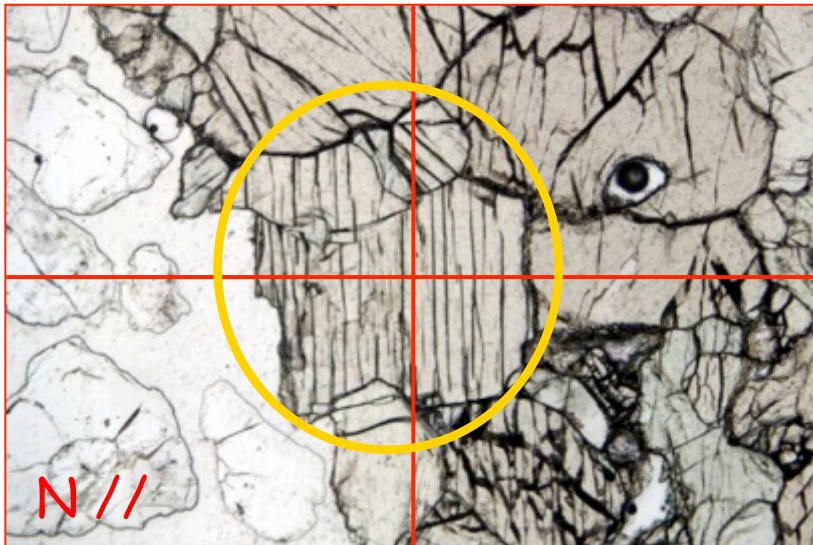
ORTOPIROSSENO



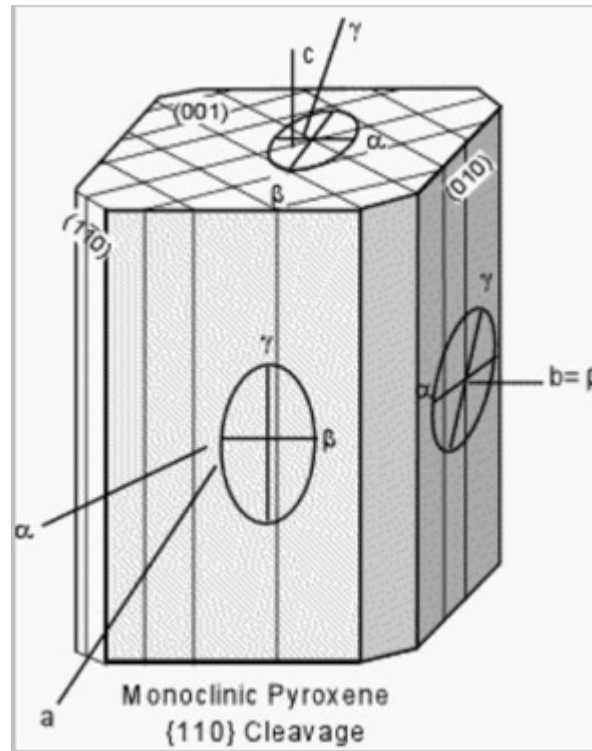
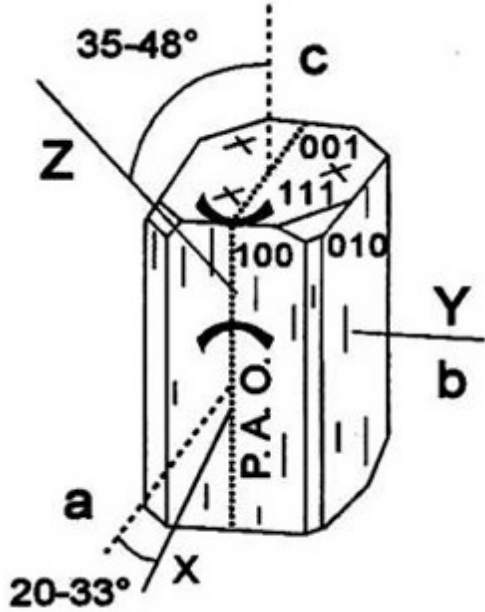
ESTINZIONE PARALLELA

tutti i minerali uniassici
+
minerali del sist. rombico

Per verificarla si fa riferimento all'allungamento del minerale o alle tracce di sfaldatura



CLINOPIROSSENO (augite)



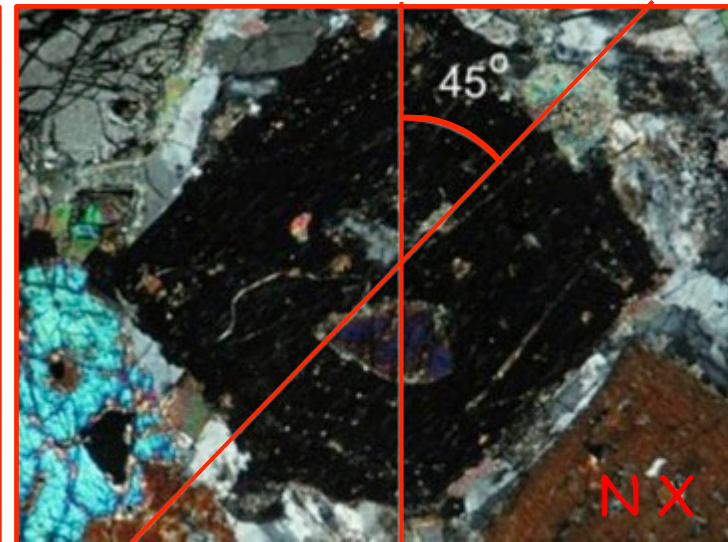
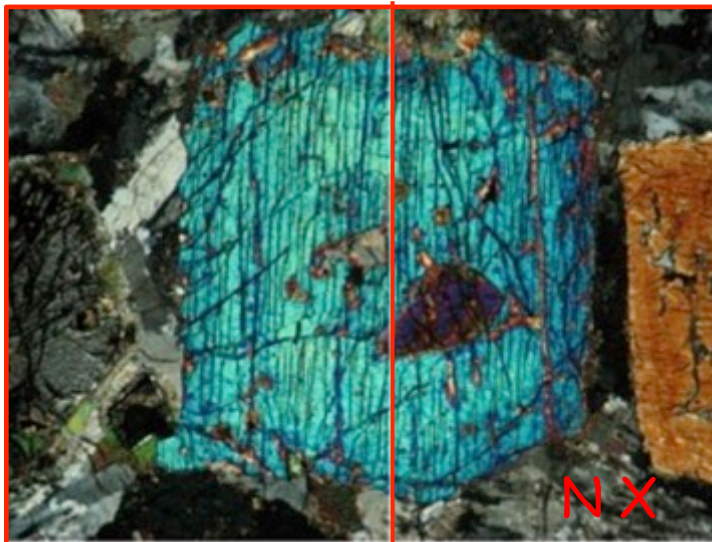
ESTINZIONE INCLINATA

minerali del sistema
monoclino
triclino

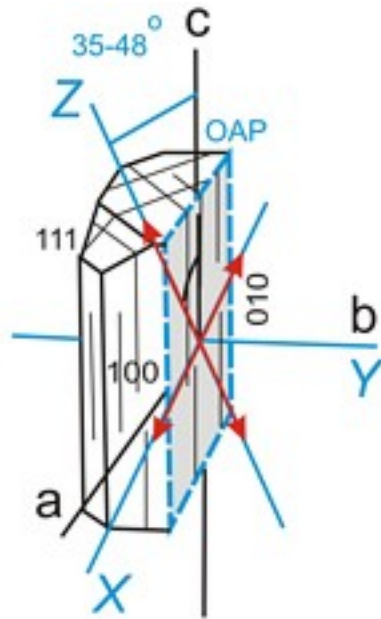
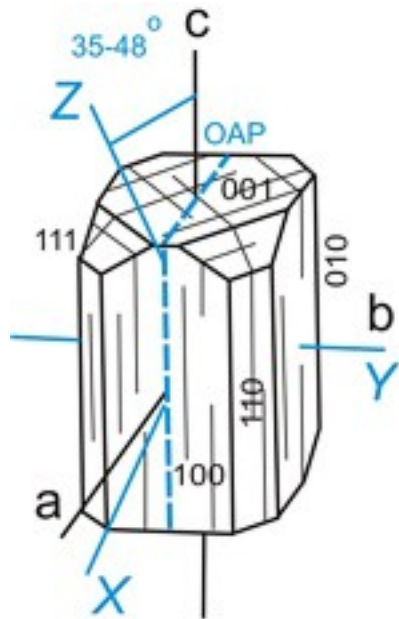
NON coincidenza tra assi
dell' I.O. ed elementi
cristallografici

Per verificarla si fa riferimento
all'allungamento del minerale
o alle tracce di sfaldatura

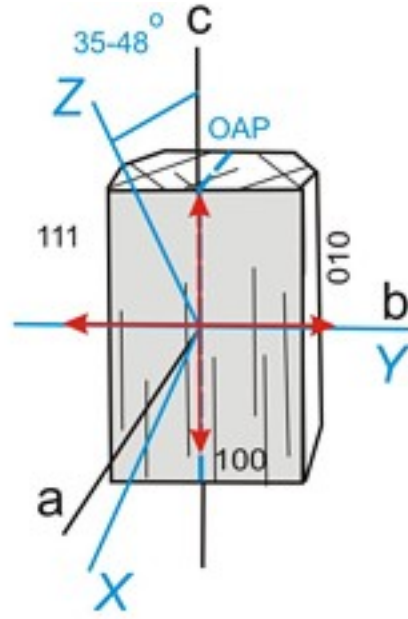
angolo di
estinzione



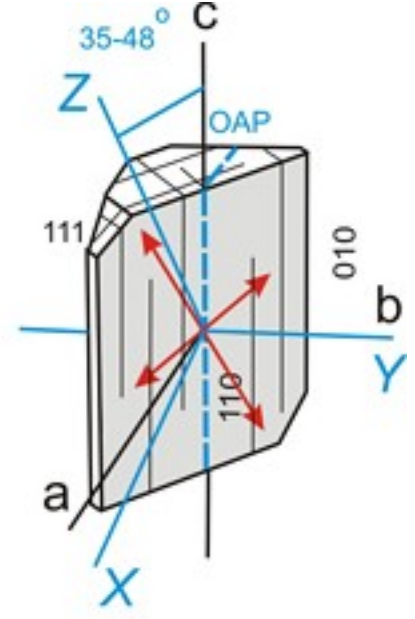
CLINOPIROSSEO (augite)



Maximum Inclined Extinction

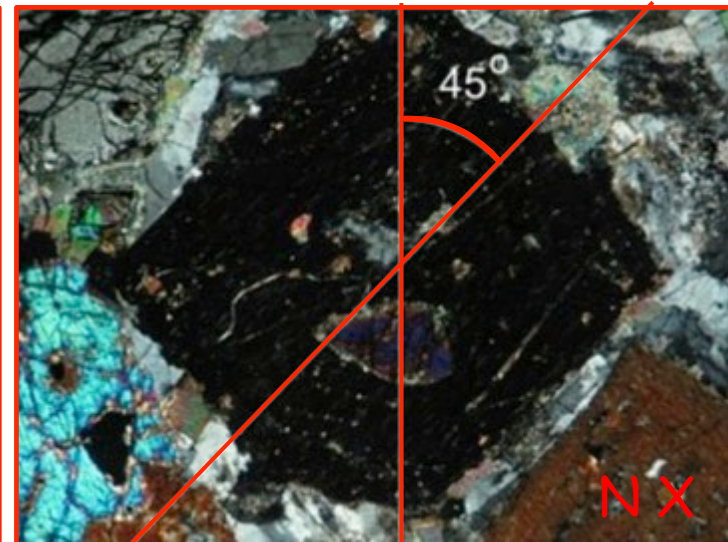
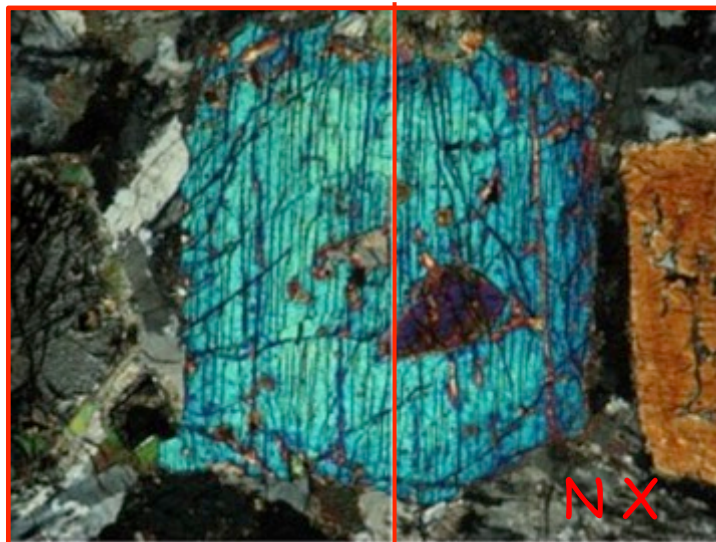


Straight Extinction

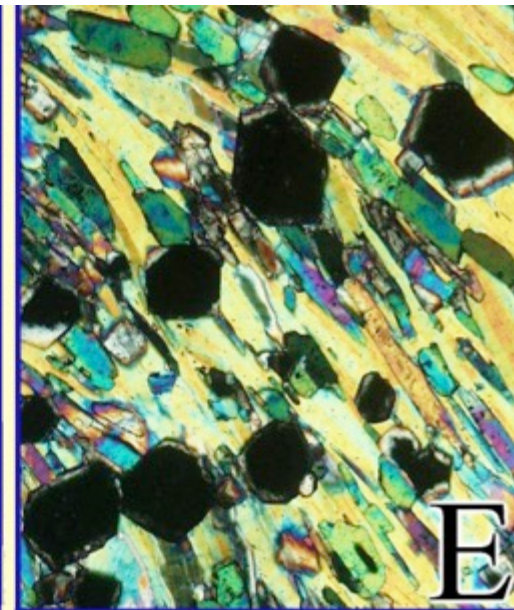
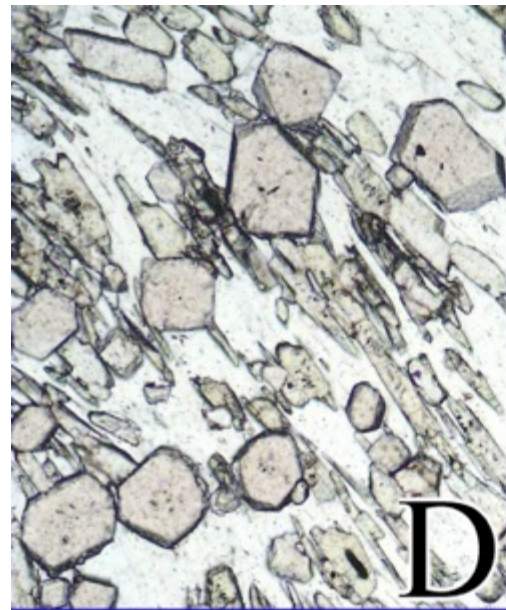
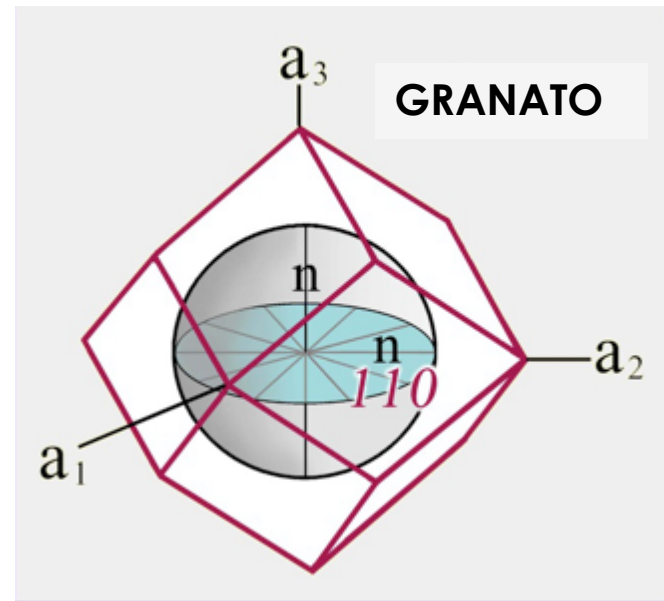
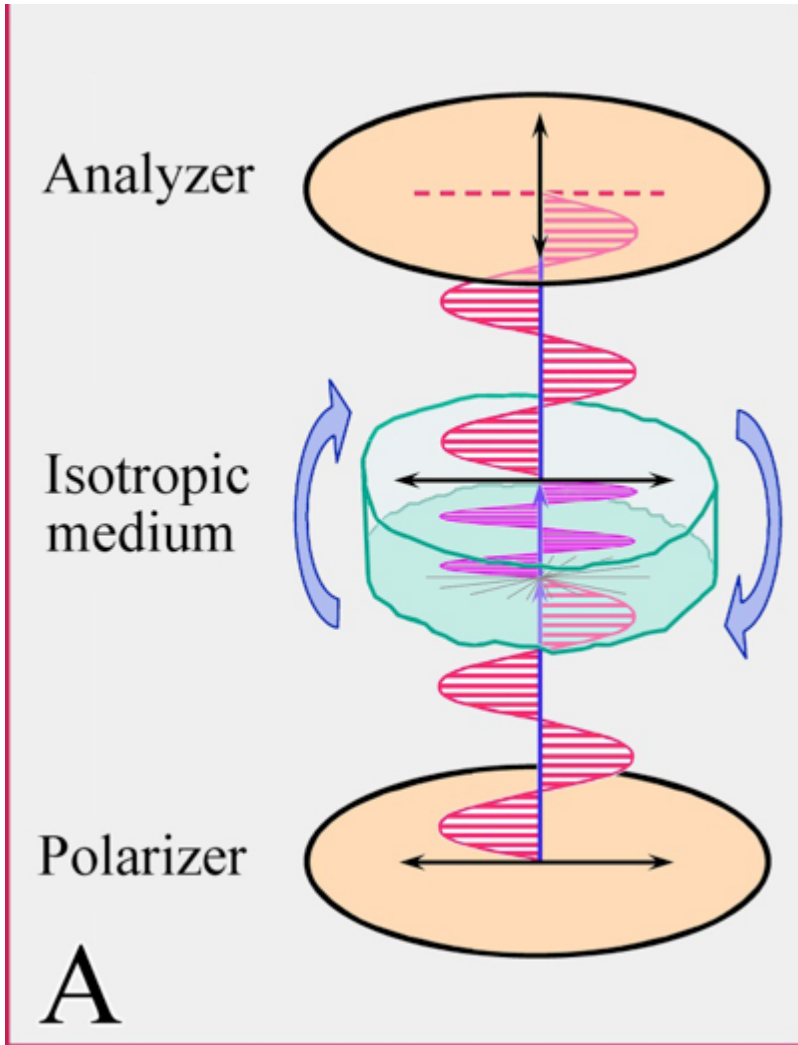


Inclined Extinction

Max. angolo di estinzione



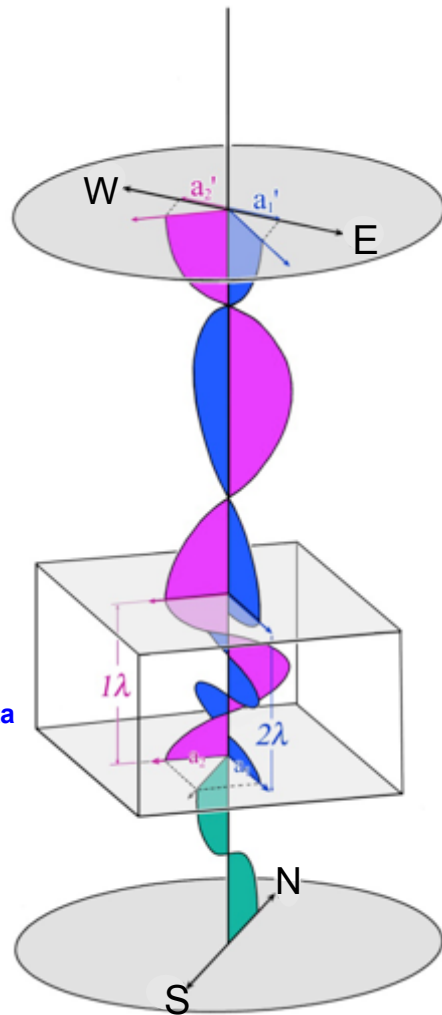
COLORI D'INTERFERENZA MINERALI MONORIFRANGENTI



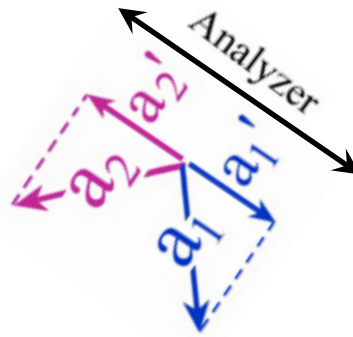
COLORI D'INTERFERENZA - MINERALI BIRIFRANGENTI

Passaggio della luce (per semplicità solo monocromatica) attraverso un minerale anisotropo orientato a 45° rispetto alla direzione dei polarizzatori

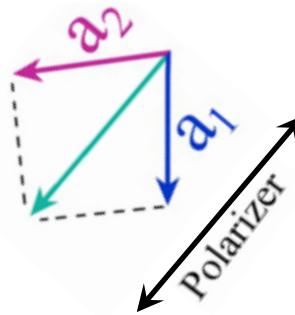
A



Destructive interference



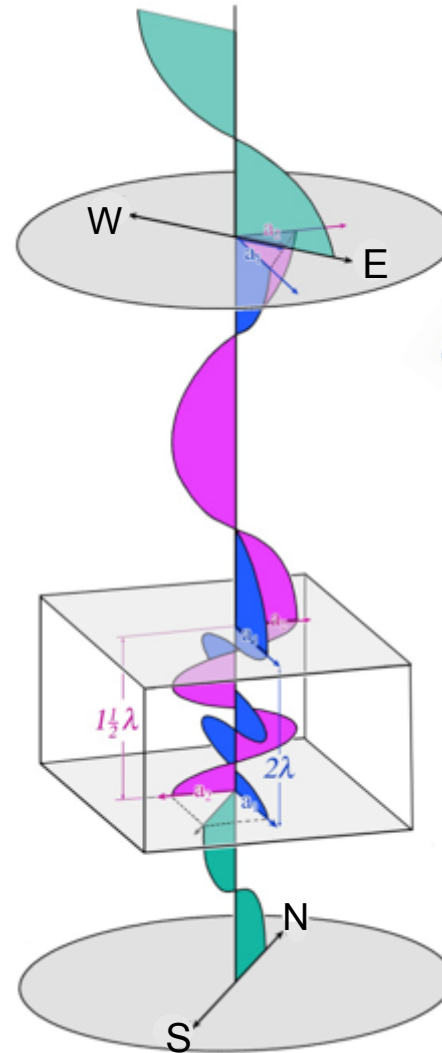
Double refraction



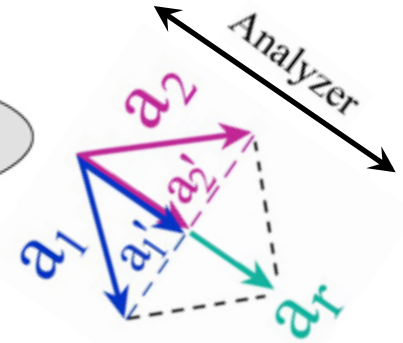
Onda viola veloce associata all'indice n piccolo

Onda blu lenta associata all'indice n grande

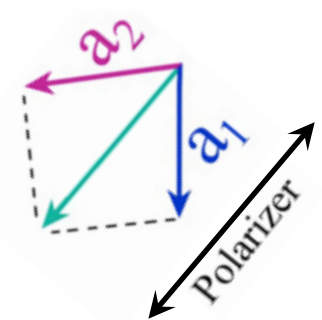
A: interferenza distruttiva – il ritardo tra le 2 onde accumulato nel cristallo è pari a λ (o un n° pari di λ)



Constructive interference



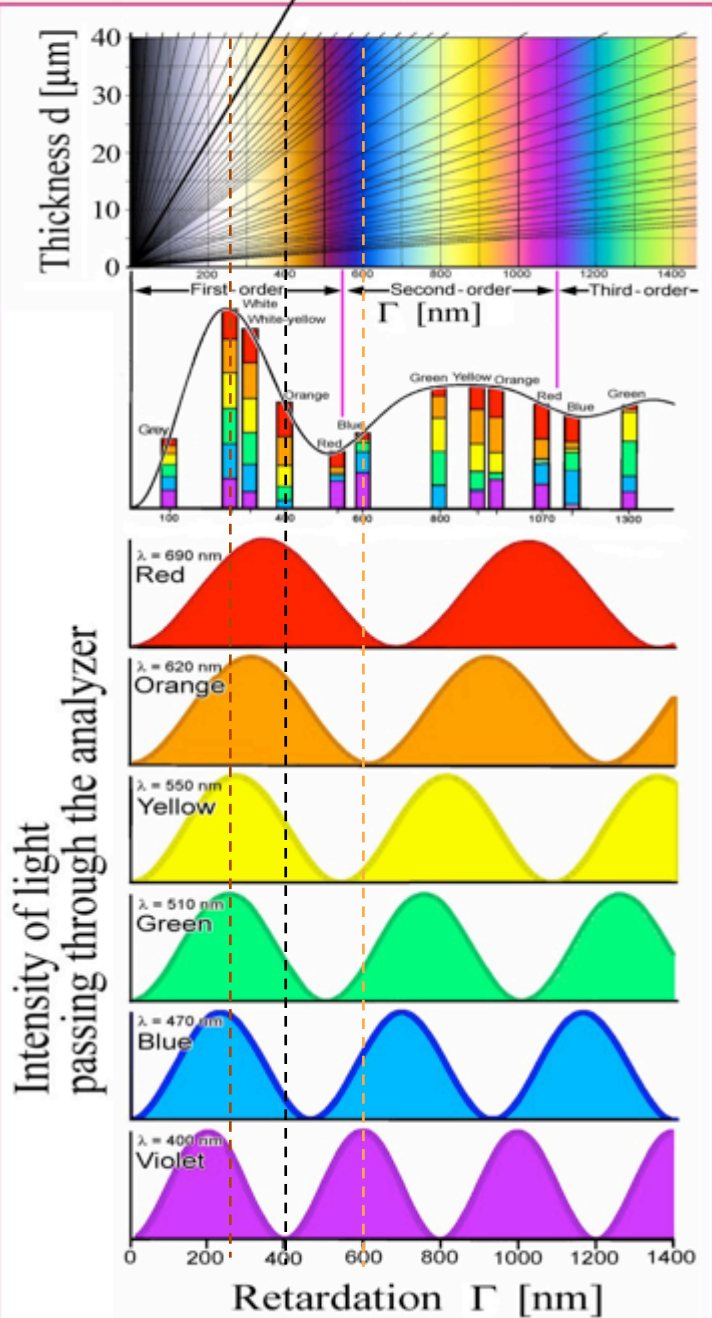
Double refraction



B: interferenza costruttiva – il ritardo tra le 2 onde accumulato nel cristallo è pari a $\lambda/2$ (o un n° dispari di $\lambda/2$)

Interference colour sequence

Birifrangenza = $\Delta n = (n_z - n_x)$



COLORI D'INTERFERENZA

Tavola di Michel-Lévy :

relazione tra :

- spessore lamina,
- birifrangenza dei minerali (linee) = $n_1 - n_2$
- Ritardo $R = d * (n_1 - n_2)$

Il colore d'interferenza, per uno specifico R, deriva dalla somma di tutte le intensità delle lunghezze d'onda dello spettro visibile, modificate per interferenza nell'analizzatore.

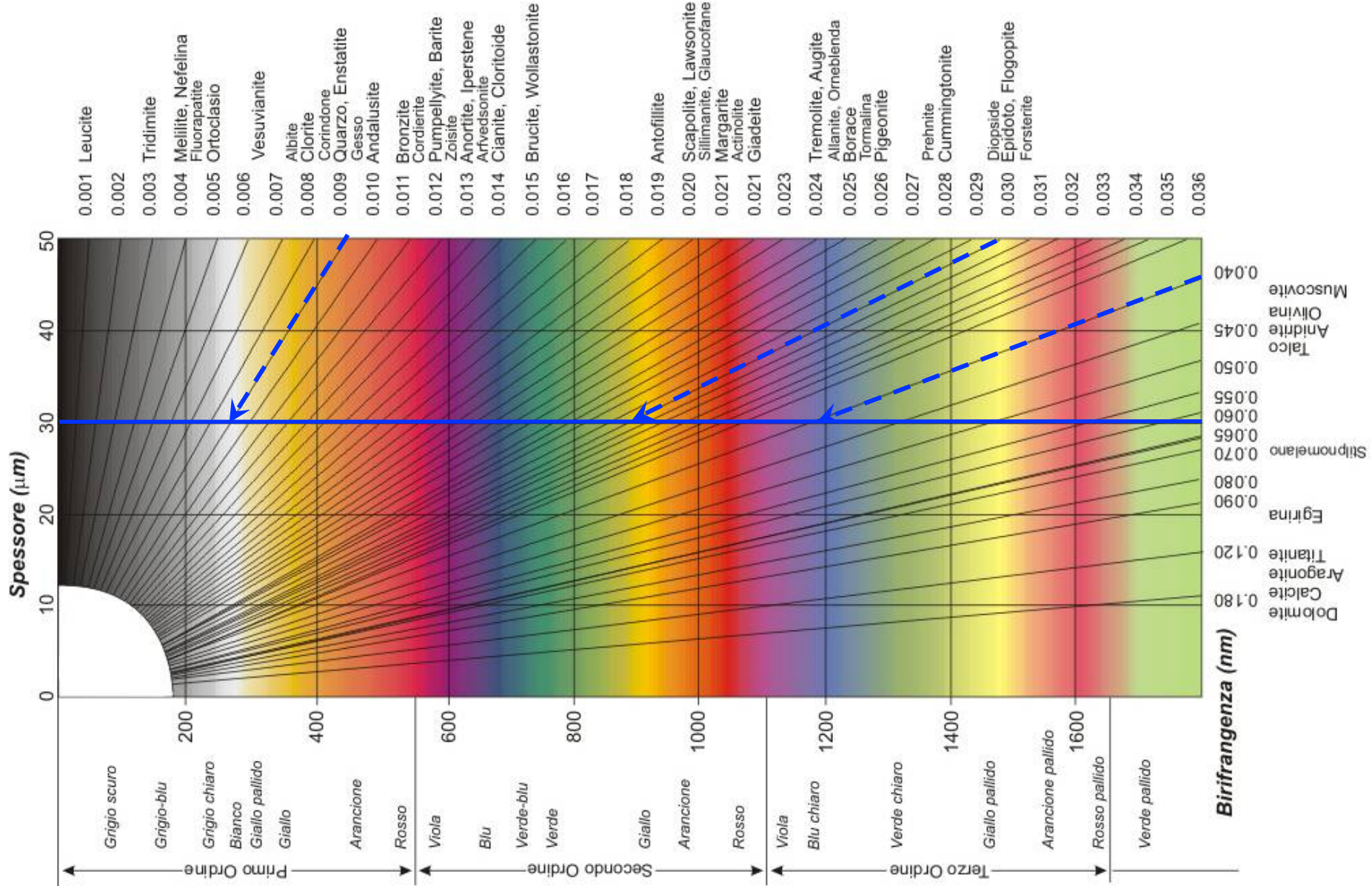
Uno specifico colore d'interferenza, caratterizzato da una precisa composizione spettrale, compare una volta sola nella carta dei colori.

La figura illustra che in funzione del ritardo delle onde che interferiscono nell'attraversare l'analizzatore, i colori componenti della luce bianca vengono intensificati o attenuati o cancellati

luce bianca

$$\text{RITARDO} = s(n_\gamma - n_\alpha)$$

$$(n_\gamma - n_\alpha) = \text{birifrangenza (linee)}$$



RITARDO distinto in vari ordini di colori (in nm dove $1\text{nm} = 10^{-3}\mu\text{m} = 10\text{\AA} = 10^{-7}\text{cm}$)

BIRIFRANGENZA COLORI DI INTERFERENZA

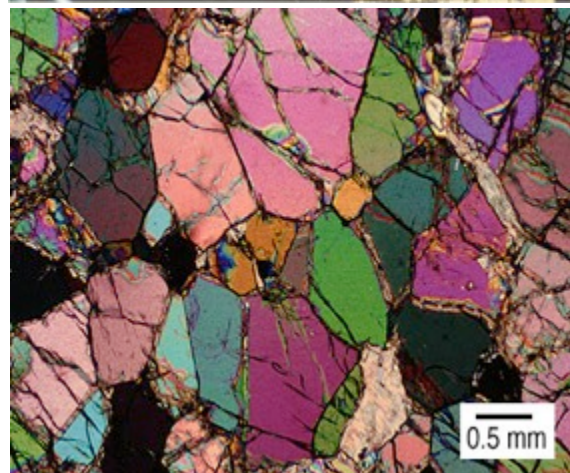
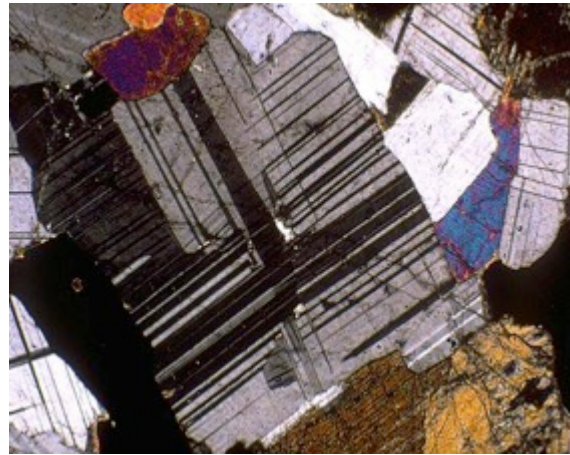
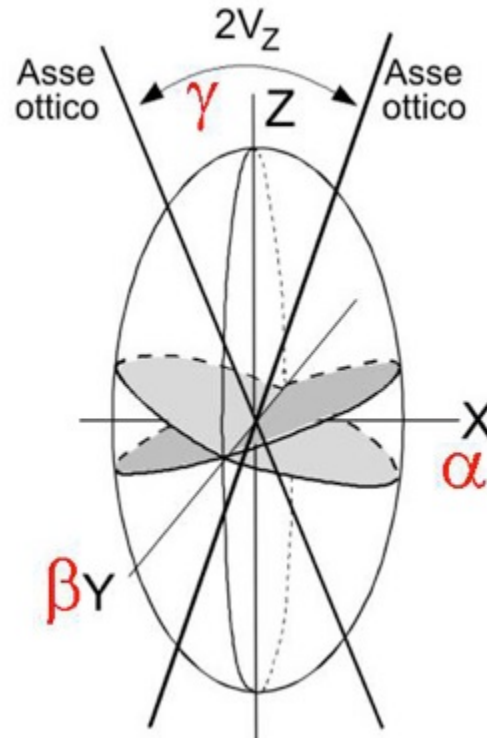
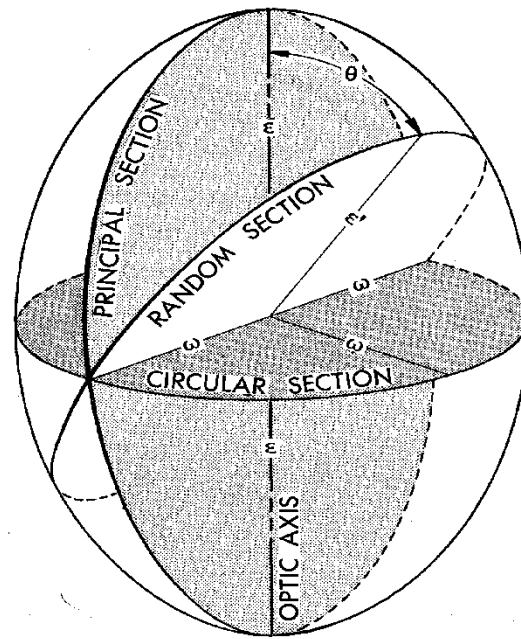
I colori d'interferenza dipendono da:

- 1) Birifrangenza del minerale (differenza tra N maggiore e n minore $n_\gamma - n_\alpha$)
- 2) Il piano lungo la quale il minerale è tagliato
- 3) spessore della s.s. (fissa 0.03 mm)

Il minerale presenta:

- Massimi colori di interferenza se tagliato // alla sezione di max birifrangenza, cioè sezioni che contengono l'asse ottico o gli assi ottici (PAO, sezioni XZ o $\alpha\gamma$)
- Per sezioni diverse, i colori si abbassano fino ad arrivare all'estinzione quando il cristallo è tagliato \perp agli assi ottici
- NB: i minerali a birifrangenza molto alta non estinguono mai completamente (hanno una colorazione minima sul grigio)

I minerali in s.s. a NX mostrano colori d'interferenza diversi a seconda di come sono tagliati rispetto all'indicatrice ottica
Solo i max colori d'interferenza sono diagnostici per il riconoscimento.



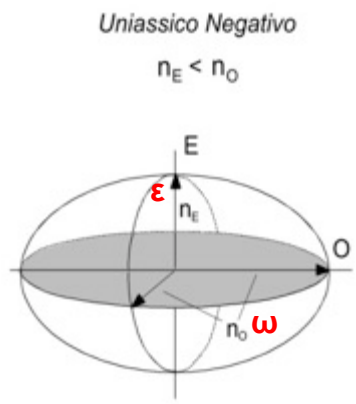
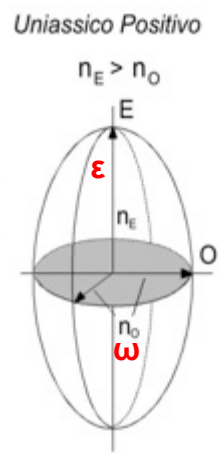
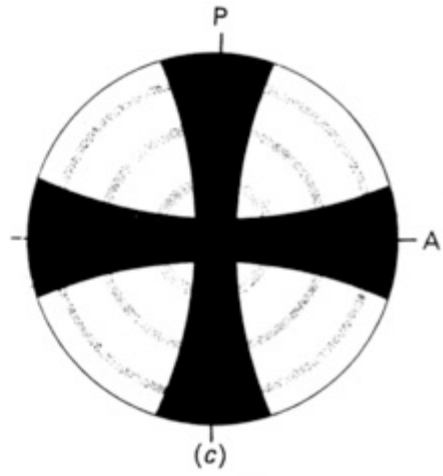
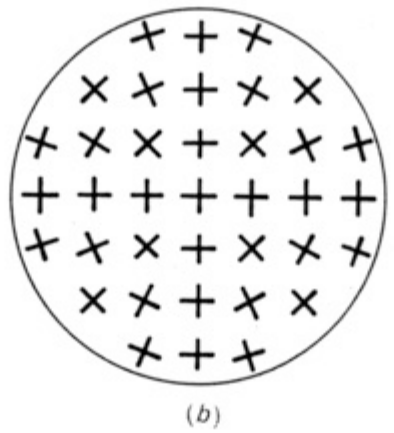
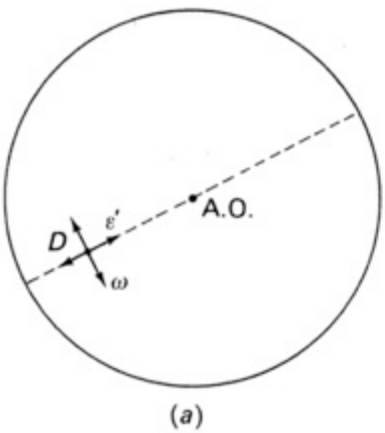
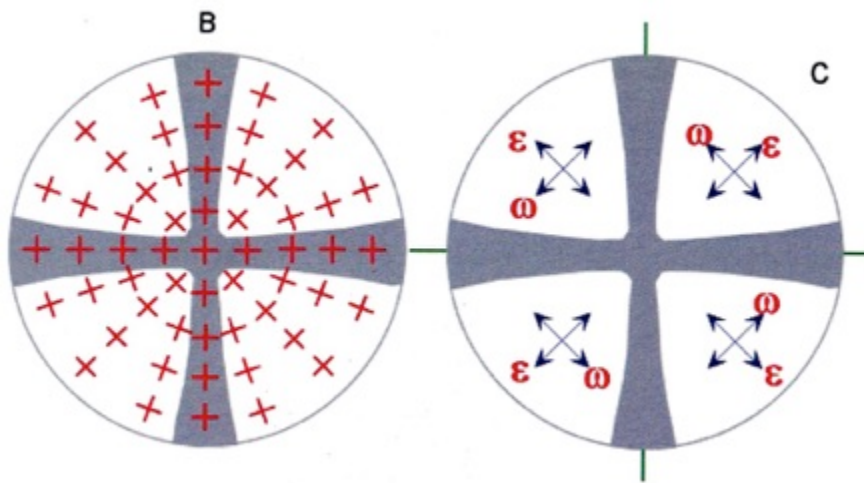


FIGURA D'INTERFERENZA (CONOSCOPICA)

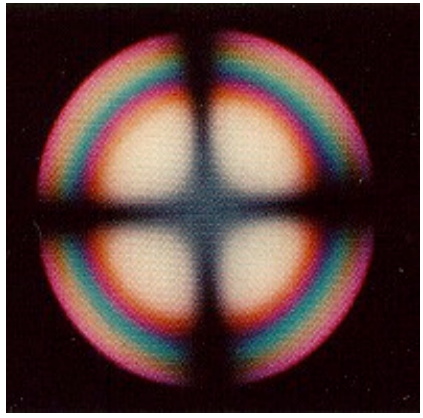
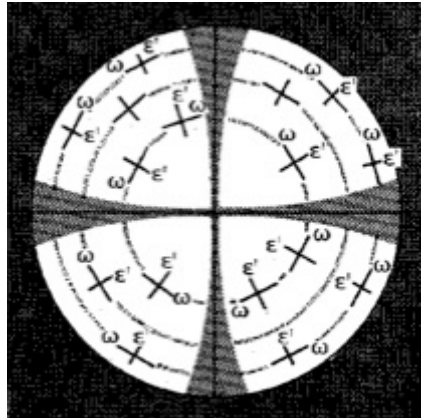
Croce nera (ISOGIRA) : punti dove le direzioni di vibrazione dei raggi coincidono con quelle dei Nicols

Centro dell'isogira : emergenza di A.O

Cerchi con uguale colore d'interferenza (isocromatiche) = punti di uguale ritardo

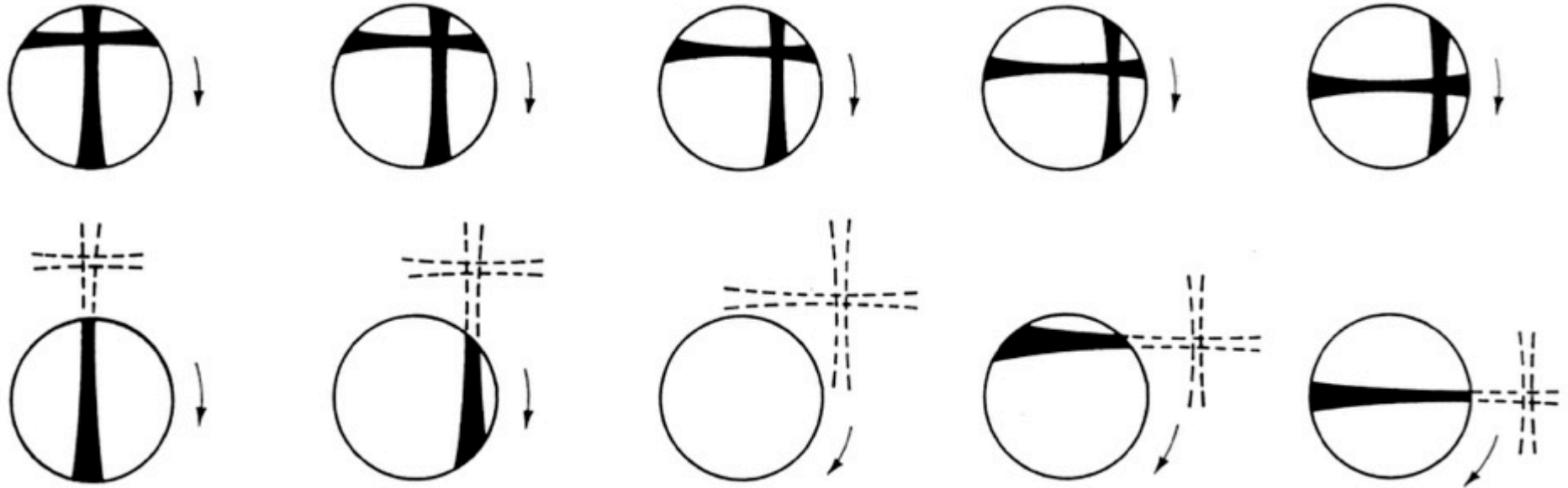


CRISTALLO UNIASSICO
SEZIONE ORTOGONALE a A.O

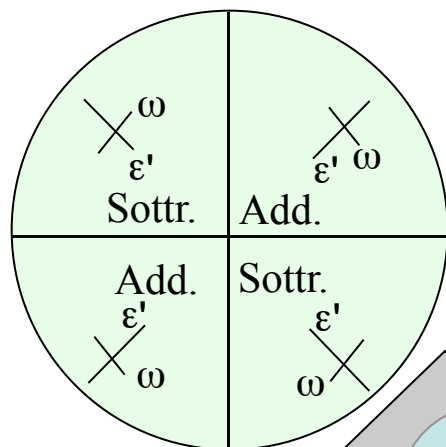
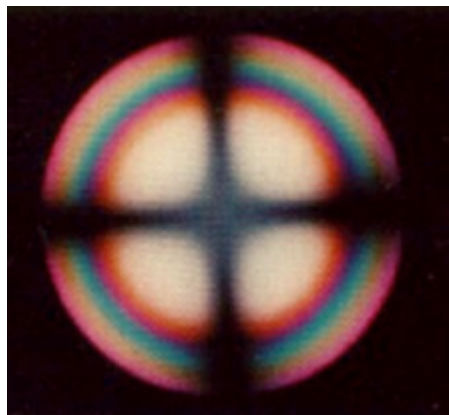


CRISTALLO UNIASSICO

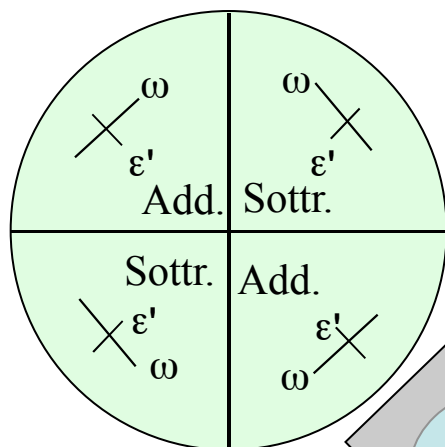
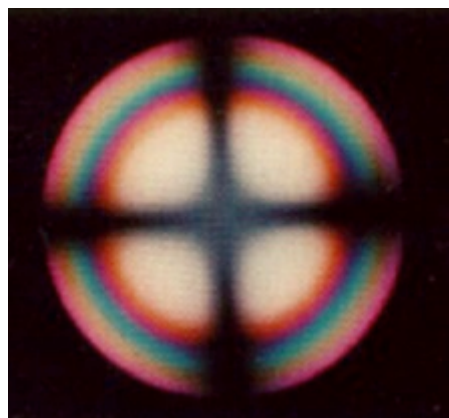
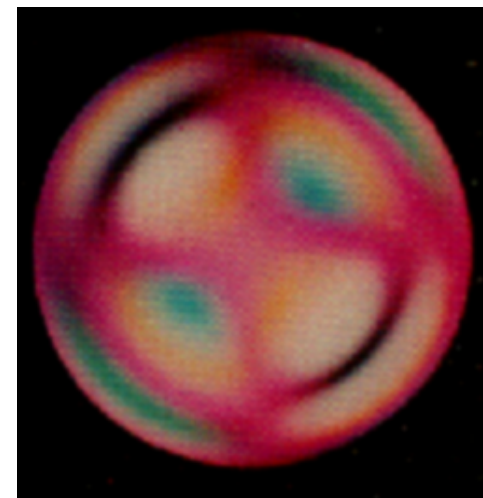
sezioni diversamente inclinate rispetto all' AO e per diverse rotazioni del piatto



CRISTALLO UNIASSICO : SEGNO OTTICO



+



-

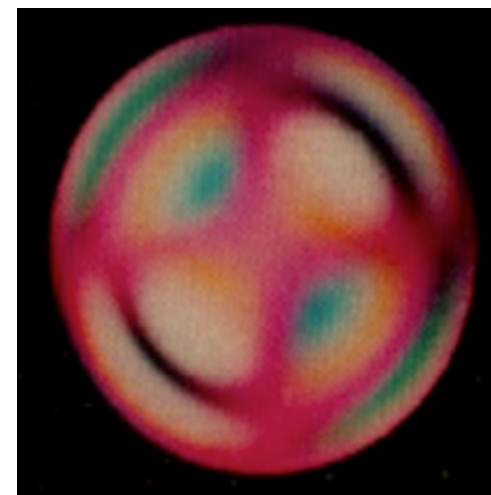
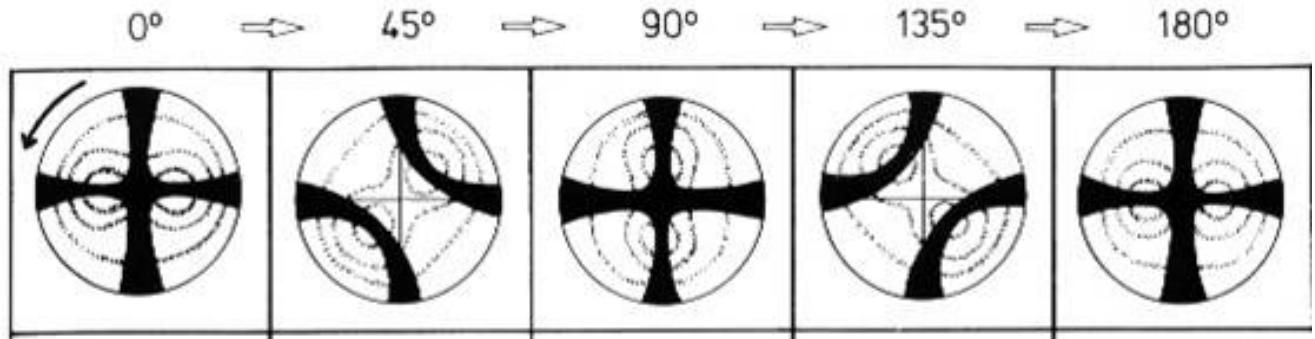
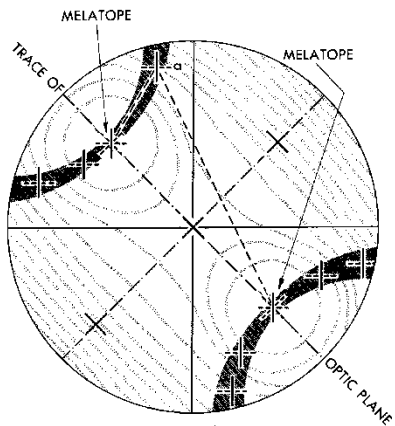


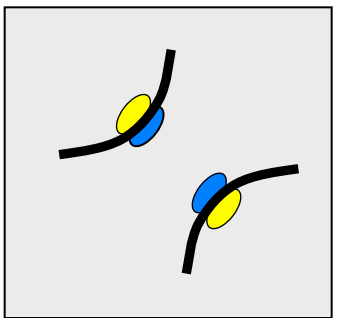
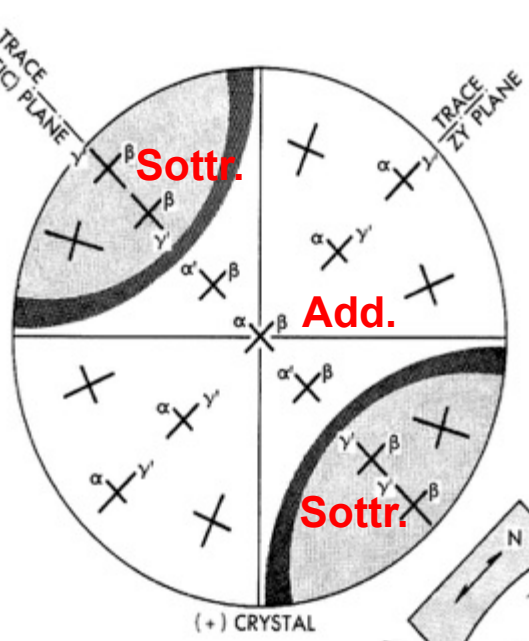
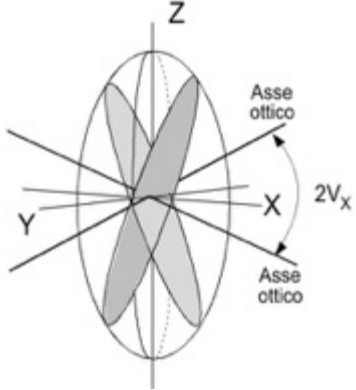
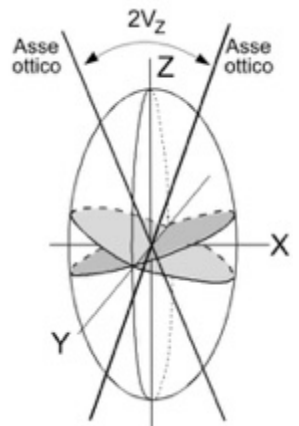
FIGURA D'INTERFERENZA (CONOSCOPICA) : CRISTALLI BIASSICI

SEZIONE ORTOGONALE alla BISETTRICE ACUTA

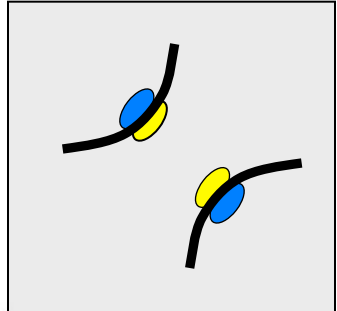
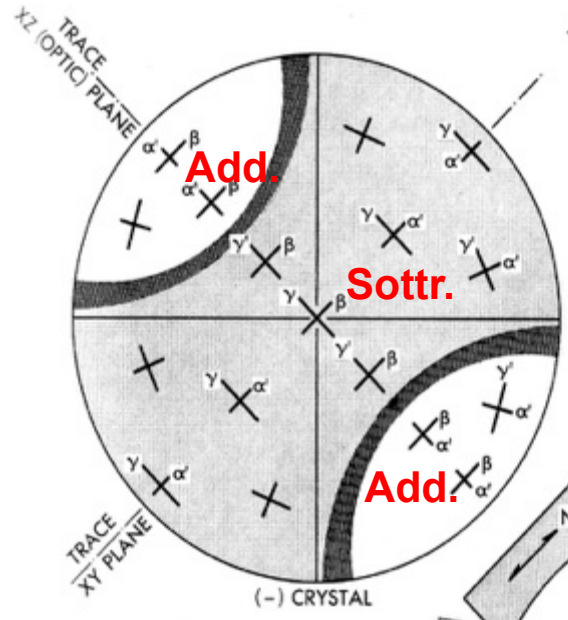


In diversi momenti ruotando il piatto del microscopio

SEGNO OTTICO



+



-

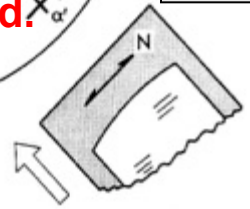
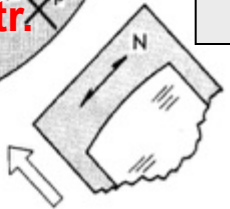
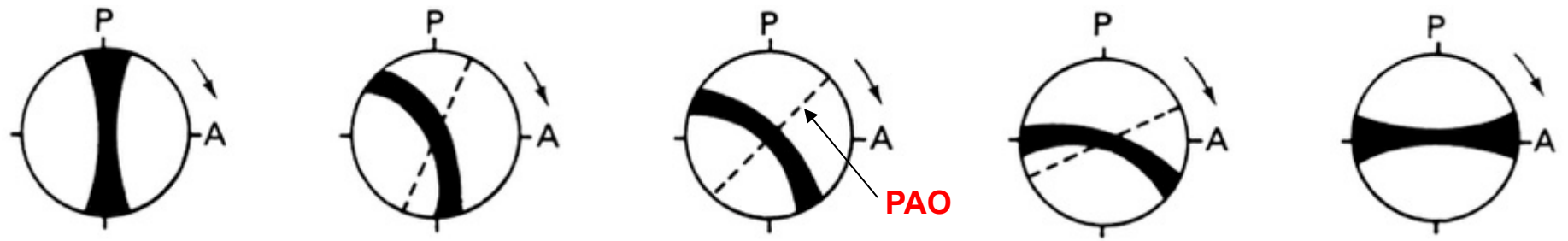
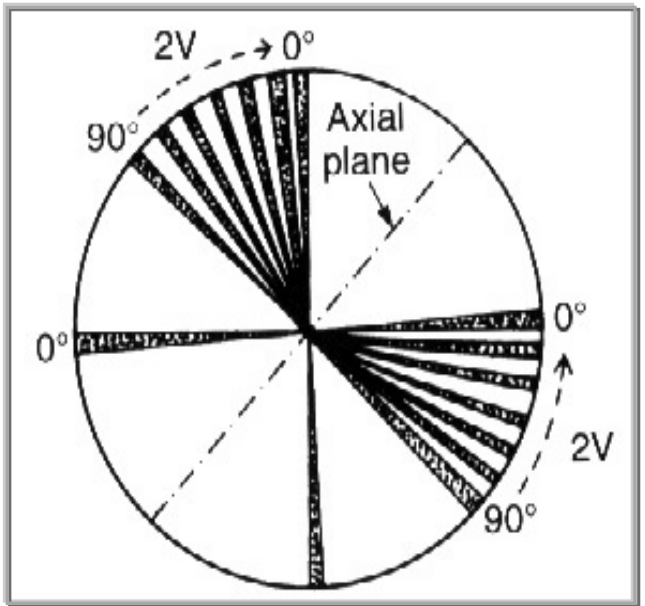
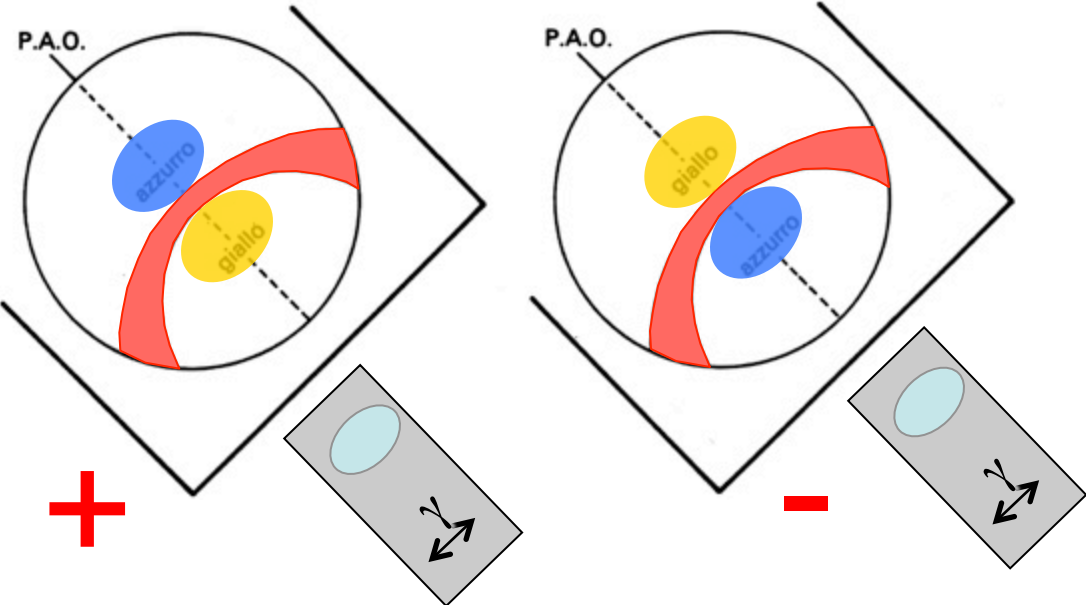
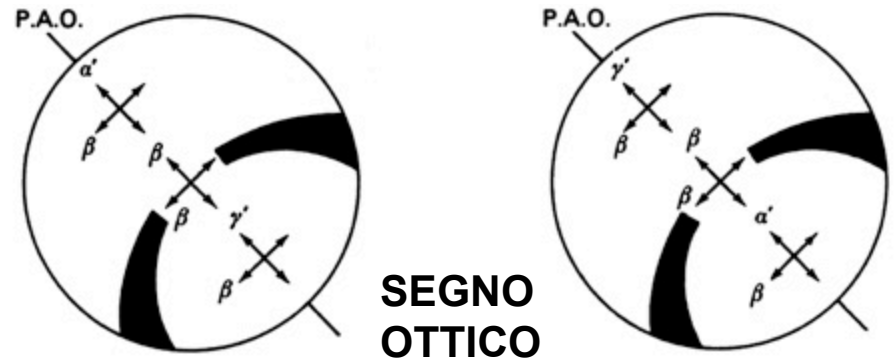


FIGURA D'INTERFERENZA (CONOSCOPICA) : CRISTALLI BIASSICI

SEZIONE ORTOGONALE a AO



In diversi momenti ruotando il piatto del microscopio.
 Quando il PAO (linea tratteggiato) è posto a 45° rispetto ai Nicols, l'isogira rivolge sempre la convessità verso la bisettrice acuta



Stima del 2V dalla curvatura dell'isogira per PAO a 45° dai Nicols. È illustrata la curvatura ad intervalli di 15°