

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Clivaggio o sfaldature

Molti minerali si rompono lungo piani definiti, la posizione dei quali è controllata dalla loro struttura reticolare.

Tra i piani di sfaldatura, il legame atomico è più debole rispetto a quello all'interno dei piani stessi.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

La presenza o l'assenza di tracce di sfaldatura e la misura degli angoli tra due o più famiglie di sfaldature può essere di valore diagnostico (ad es. anfiboli e pirosseni).

Le sfaldature tendono ad essere parallele alle facce dei cristalli, anche se questo non è sempre valido.

ESEMPI:

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Sfaldature

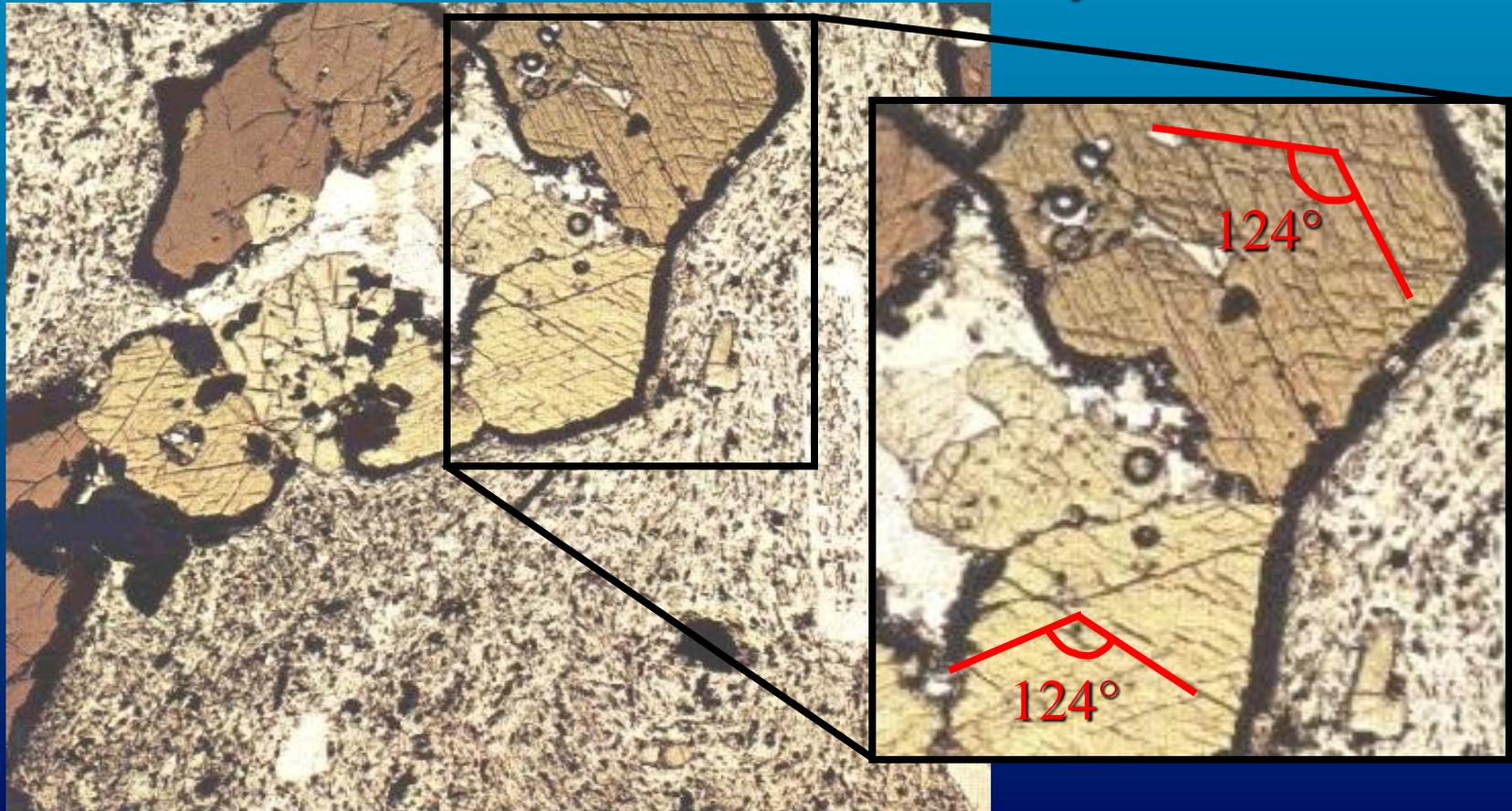
Due sistemi di sfaldature che formano un angolo di circa 90° (Clinopirosseno)



DESCRIZIONE DEI MINERALI

Sfaldature

Due sistemi di sfaldature che formano un angolo di circa 124° (Anfibolo)



DESCRIZIONE DEI MINERALI

Fratture

A differenza delle sfaldature, le fratture rappresentano superfici di discontinuità nel cristallo **non regolari**.

Queste non sono legate a particolari disposizioni reticolari del cristallo (come nel caso delle sfaldature) ma piuttosto alla risposta del cristallo in seguito a sollecitazioni meccaniche e/o termiche.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Fratture

Minerali con fratture (sx: Plagioclasio; dx: olivina)



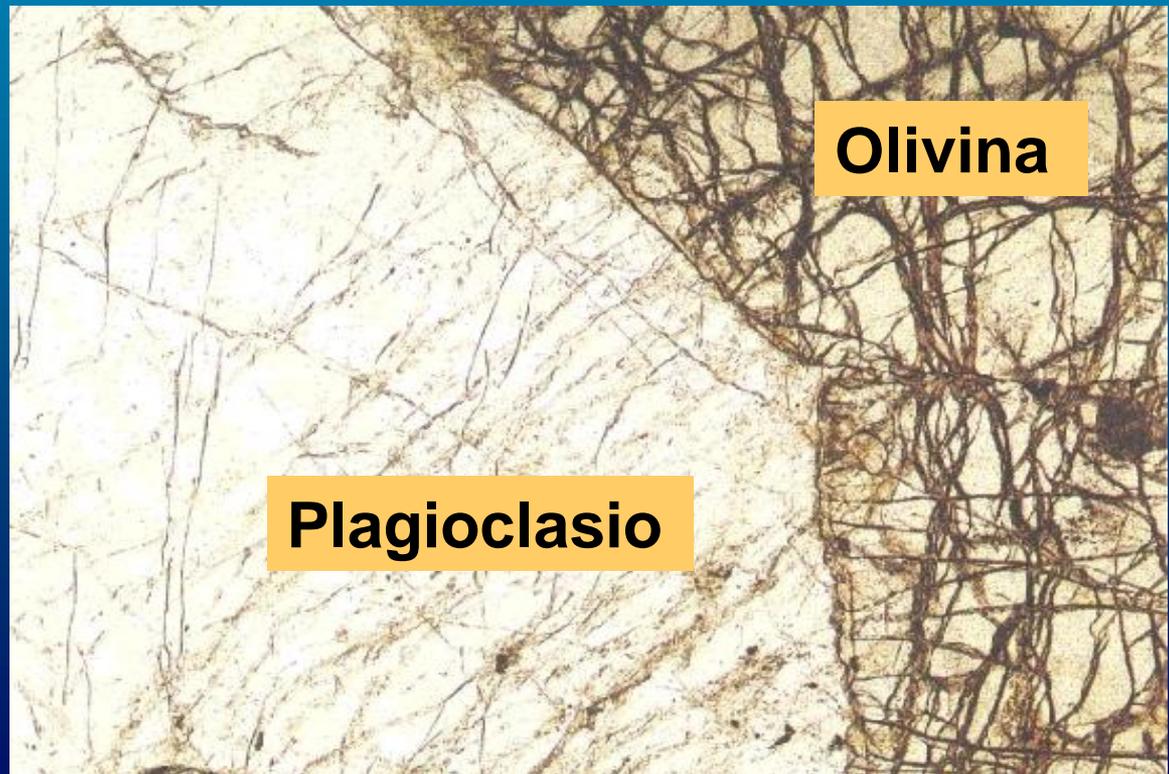
DESCRIZIONE DEI MINERALI

Rilievo

Questi stessi minerali visti in precedenza possono essere distinti anche sulla base di un'altra caratteristica ottica: Il **RILIEVO**

Quale di questi due minerali sembra avere un rilievo maggiore?

N.B. Dico
"sembra" perché
entrambe i
minerali hanno
uno spessore di
30 μm



DESCRIZIONE DEI MINERALI

Rilievo

Il fenomeno del rilievo è legato all'indice di rifrazione.

I minerali incolori caratterizzati da un indice di rifrazione simile a quello del collante non mostrano bordi ben definiti quando visti al microscopio in luce polarizzata (cioè con il solo polarizzatore)

.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Rilievo

La luce ordinaria e quella polarizzata vengono rallentate quando passano attraverso un mezzo (in questo caso una sezione sottile di un minerale).

L'**indice di rifrazione** di una sostanza è un valore inversamente proporzionale alla velocità con la quale la luce viaggia attraverso essa.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Indice di Rifrazione

$n > 1$ per tutte le sostanze (isotrope ed anisotrope)

n dipende dalla direzione di vibrazione

DESCRIZIONE DEI MINERALI *INDICATRICI OTTICHE*

- Le caratteristiche ottiche dei cristalli sono meglio comprese se si usa un modello tridimensionale dell'indice di rifrazione, modello conosciuto come l' **INDICATRICE OTTICA**.
- Questa può avere tre forme: una sfera, un ellissoide a due assi e un ellissoide a tre assi.
- La superficie dell'indicatrice è proporzionale agli indici di rifrazione del minerale.

DESCRIZIONE DEI MINERALI *INDICATRICI OTTICHE*

L'INDICATRICE OTTICA

Mostra come n_i (indice di rifrazione) varia a seconda delle direzioni di vibrazione.

I vettori sono radianti da un centro immaginario

La lunghezza di ogni vettore è proporzionale ad n_i per la luce che vibra nella direzione del vettore

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Indice di Rifrazione

Minerali che hanno **un solo indice di rifrazione** hanno strutture reticolari organizzate in modo molto ordinato. Questo favorisce il passaggio della luce in modo uniforme in tutte le direzioni.

Il cammino della luce nel minerale è quindi ritardato in modo indifferente rispetto alla direzione lungo la quale la luce viaggia.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Indice di Rifrazione

Questi minerali vengono detti ***otticamente isotropi***.

Minerali isotropi sono quelli che cristallizzano nel sistema cubico (es. granato).

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Indice di Rifrazione

Materiali come il **vetro** e i **liquidi** sono anch'essi isotropi ma per un motivo totalmente differente:

Essi sono isotropi perché hanno una disposizione atomica estremamente disordinata. In conseguenza di ciò la luce passa attraverso questi materiali con la stessa velocità, indifferentemente dalla sua direzione.

I collanti usati per assemblare le sezioni sottili sono anch'essi isotropi.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Indicatrice ottica

Nei minerali otticamente isotropi l'indicatrice ottica ha la forma di una **sfera** di raggio N (N varia in funzione del minerale e della lunghezza d'onda)

(n uguali in tutte le direzioni)

Nei minerali otticamente anisotropi l'indicatrice ottica non è più una sfera ma un'**ellissoide di rotazione** (immaginabile come un solido derivato dalla rotazione di una ellisse attorno ad uno dei suoi due assi principali) o un **ellissoide a tre assi**.

(n non sono tutti uguali)

LE INDICATRICI OTTICHE

Le **superfici vettoriali ottiche** rappresentano le **variazioni** delle proprietà ottiche (come velocità dei raggi e indici di rifrazione) nelle direzioni dello spazio.

INDICATRICI OTTICHE: sono le superfici che raccordano le estremità dei vettori che rappresentano per ogni direzione l'indice di rifrazione (n_i)

Ogni **VETTORE** di queste superfici rappresenta la **direzione di vibrazione** e la sua **lunghezza è proporzionale** al valore di **n** della sostanza per **quell'onda che vibra nella direzione** del vettore stesso.

LE INDICATRICI OTTICHE

Se abbiamo una **direzione di PROPAGAZIONE**, consideriamo la **SEZIONE** dell'indicatrice perpendicolare a tale direzione di propagazione:

I **SEMIASSI** di questa sezione ci danno le **DIREZIONI di VIBRAZIONE** delle onde che viaggiano in quella direzione e hanno una **LUNGHEZZA proporzionale** agli **INDICI di RIFRAZIONE** delle onde che viaggiano in quella direzione

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Indicatrice ottica

Nei minerali otticamente isotropi l'indicatrice ottica ha la forma di una **sfera** di raggio N (N varia in funzione del minerale e della lunghezza d'onda)

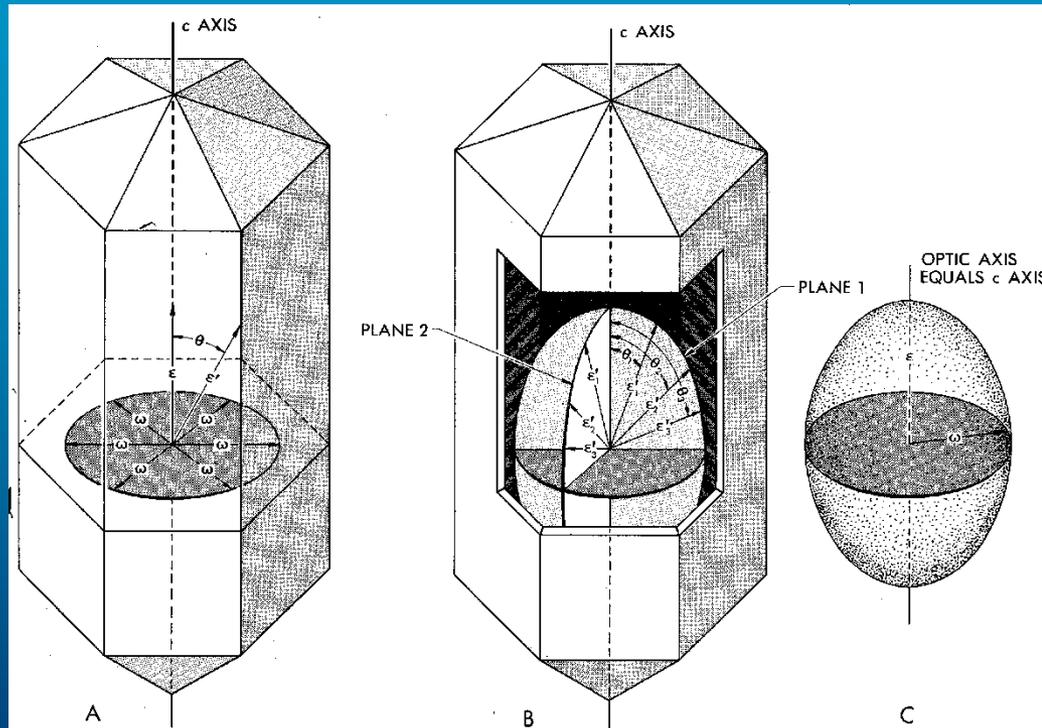
(n uguali in tutte le direzioni)

Nei minerali otticamente anisotropi l'indicatrice ottica non è più una sfera ma un'**ellissoide di rotazione** (immaginabile come un solido derivato dalla rotazione di una ellisse attorno ad uno dei suoi due assi principali) o un **ellissoide a tre assi**.

(n non sono tutti uguali)

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Minerali Anisotropi Uniassici

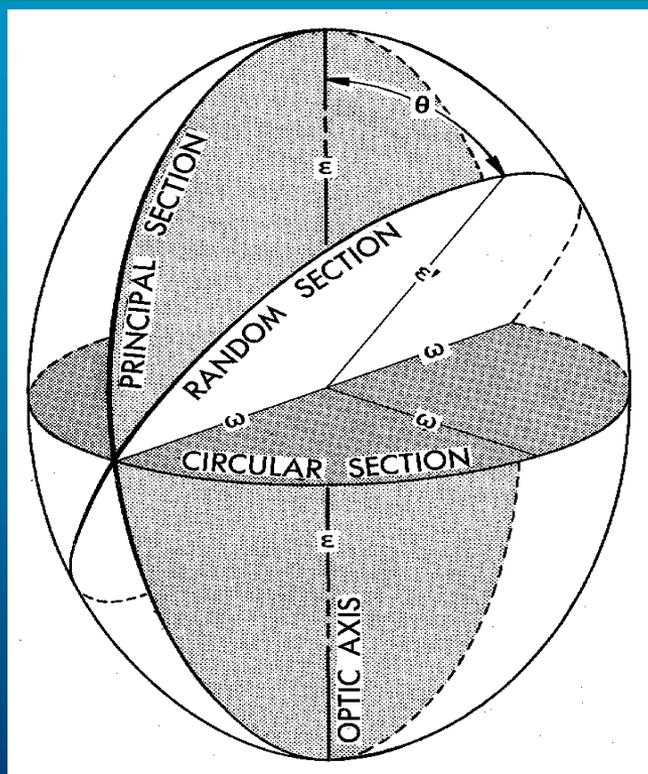


Per la luce che viaggia parallela all'asse c , tutte le direzioni di vibrazione \perp a c sono le stesse:

- **Sezione circolare** dell'indicatrice ($\perp c$)
- quindi **si comporta come un mezzo isotropo**
- solo un raggio (Raggio O) con $n = \omega$ (non si divide in due raggi)
- **estinto** con l'analizzatore inserito e al ruotare del tavolino

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Minerali Anisotropi UNIASSICI



Per la luce che viaggia $\perp c$ si avrà una sezione principale ellittica dell'indicatrice:

- si scinde in 2 raggi
- Raggio O con $n = \omega$
- Raggio E con $n = \epsilon$

questo ϵ (parallelo a c) è la massima deviazione possibile in n da ω (vero ϵ)

Per una **direzione di vibrazione a caso** → la stessa situazione precedente

L'eccezione è che il Raggio E ha un n intermedio tra ϵ ed ω

Tutti i valori intermedi sono chiamati ϵ' (un valore variabile tra ϵ ed ω)

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Indicatrici Ottiche

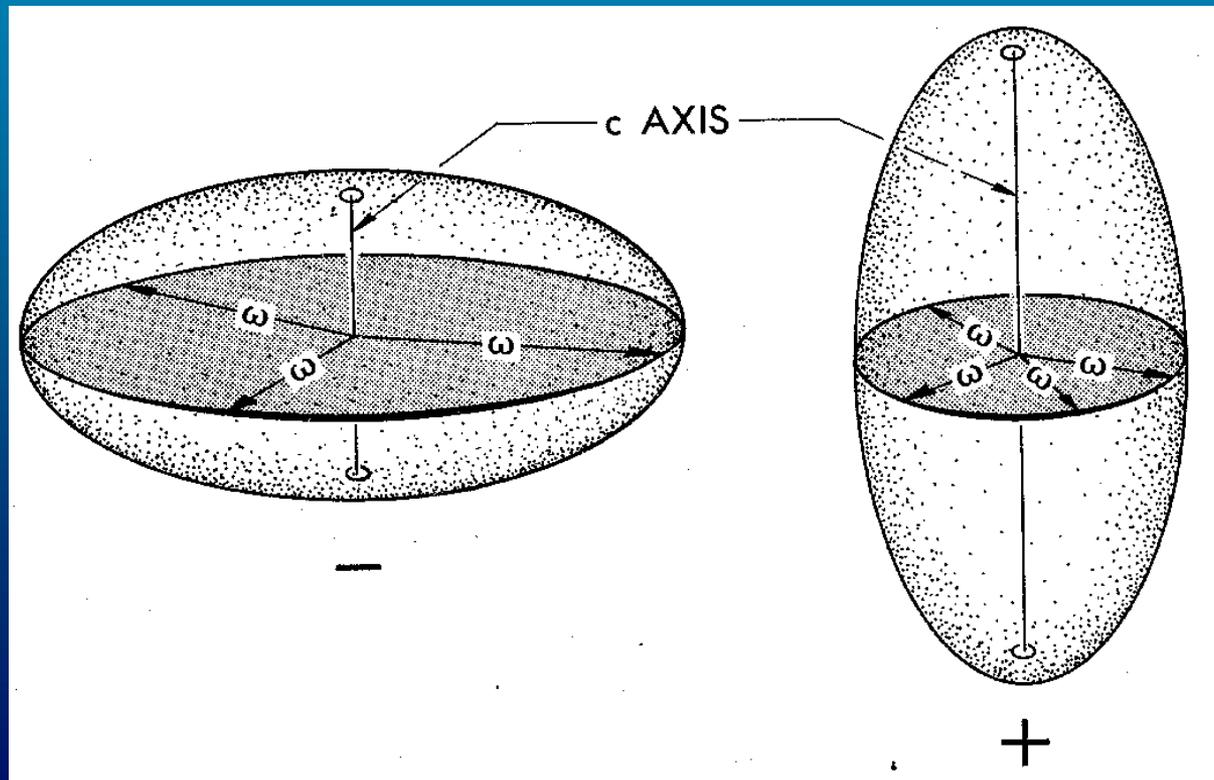
Minerali che hanno **due indici di rifrazione** sono caratterizzate da una unica direzione lungo la quale non mostrano la doppia rifrazione, mentre i minerali che hanno **tre indici** di rifrazione sono caratterizzati **da due direzioni** lungo le quali non mostrano doppia rifrazione. Sezioni sottili di minerali tagliate normalmente a queste direzioni appaiono in estinzione (nere) se osservate a nicol incrociati.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Minerali Anisotropi Uniassici

Ellissoidi e convenzioni:

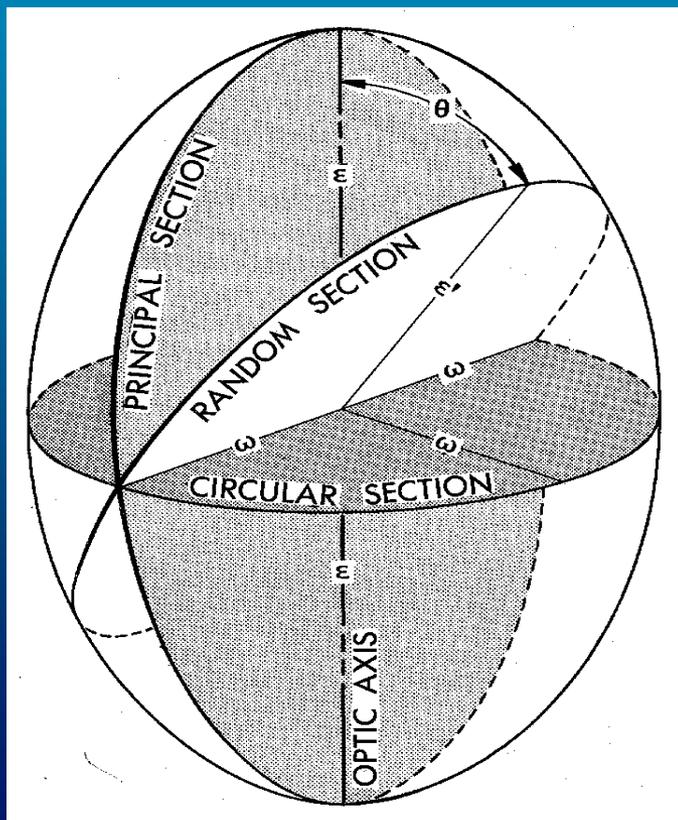
- Cristallo positivo (+) = $\varepsilon > \omega$
- Cristallo negativo (-) = $\varepsilon < \omega$



DESCRIZIONE DEI MINERALI

Minerali Anisotropi Uniassici

Riassunto:



Sezione Circolare

- (\perp all'asse ottico: tutti ω)

Sezioni Principali

- (hanno ω e vero ε : massimo e minimo n)

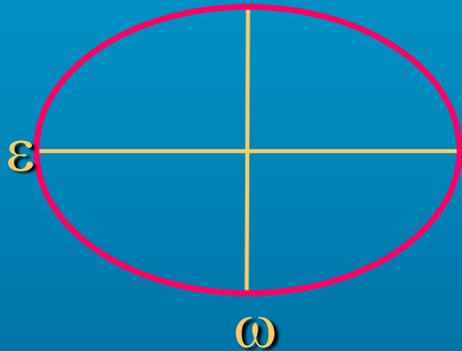
Sezioni casuali (ε' ed ω)

I tre tipi di sezioni hanno sempre ω !!

Qualsiasi sezione attraverso il centro di una indicatrice uniassica ha ω come un *semiasse*

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Minerali Anisotropi Uniassici

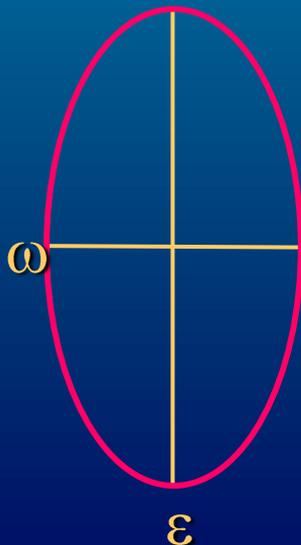


Direzione di vibrazione del polarizzatore $\parallel \epsilon$

PPL \rightarrow si vede solo il Raggio Straordinario

XN \rightarrow estinzione

Direzione di vibrazione del polarizzatore

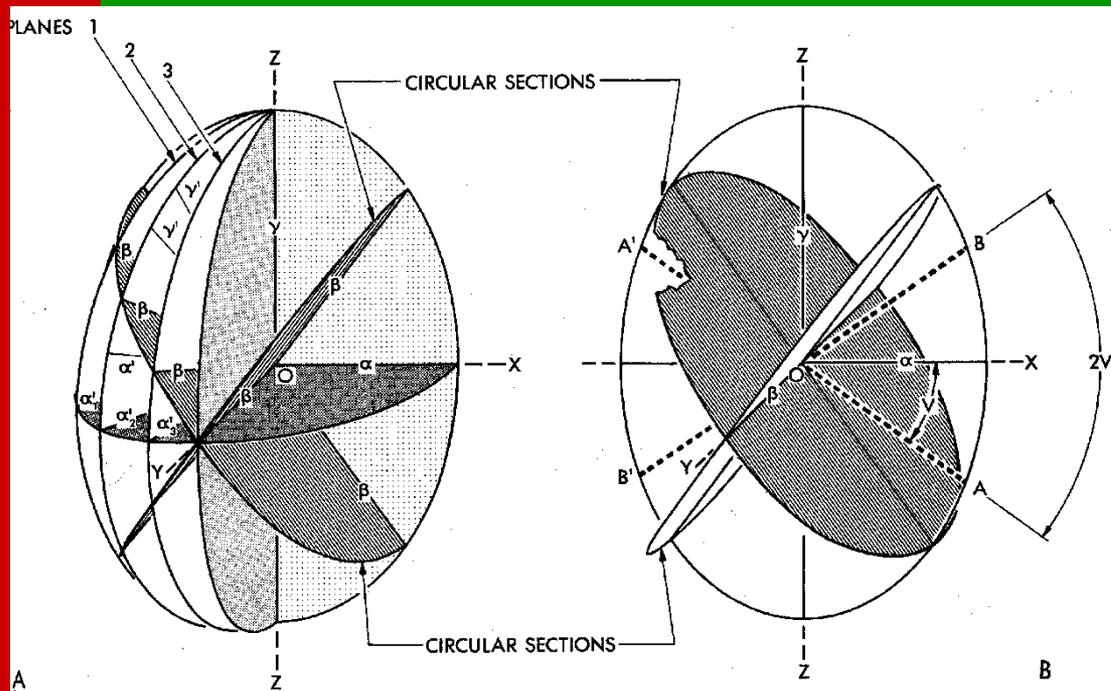


Direzione di vibrazione del polarizzatore $\parallel \omega$

PPL \rightarrow si vede solo il Raggio Ordinario.

XN \rightarrow estinzione

Cristalli Biassici



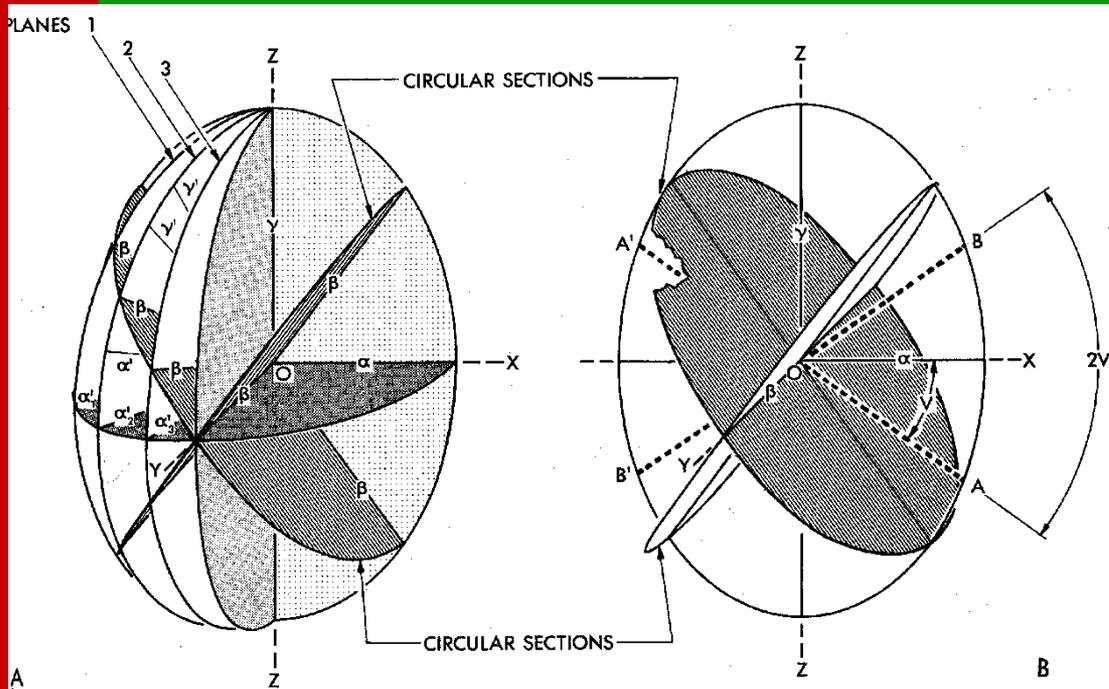
Nomenclatura:

- 2 sezioni circolari \rightarrow 2 assi ottici che si trovano nel piano α - γ = **Piano degli Assi Ottici (PAO)**
- $Y \parallel \beta$ direzione \perp PAO = **Normale ottica**

CRISTALLI BIASSICI

Nomenclatura:

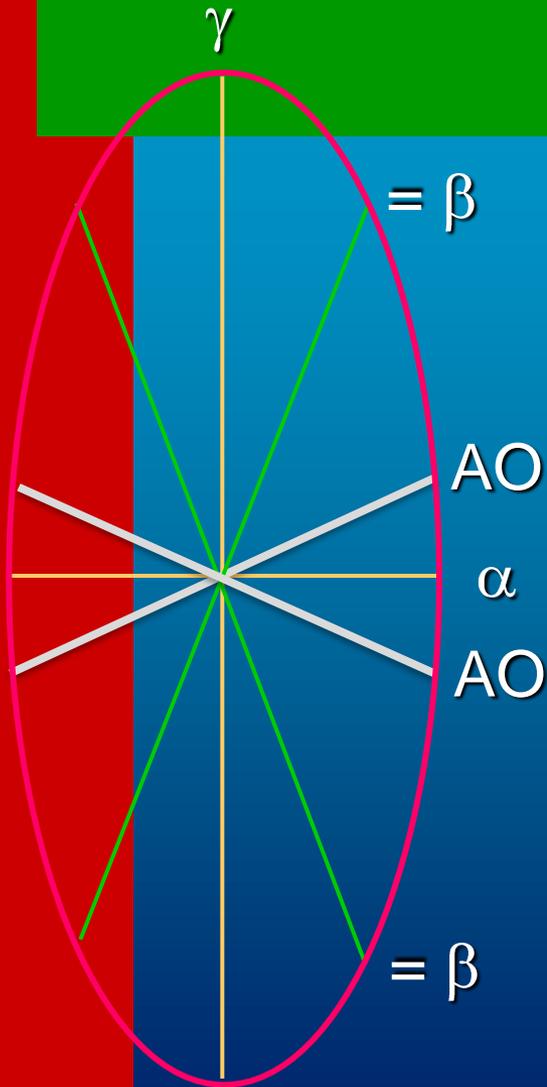
- Piano degli Assi Ottici (PAO)
- β = Normale ottica



Angolo acuto tra Assi Ottici = $2V$

- L'asse che biseca l'angolo acuto = bisettrice acuta = BA
- L'asse che biseca l'angolo ottuso = bisettrice ottusa = BO

CRISTALLI BIASSICI NEGATIVI



$$\alpha = BA$$

β È piú vicino a γ che a α

Guardando lungo β

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Indice di Rifrazione

Quando la luce polarizzata entra in molti cristalli viene scomposta in due componenti, ognuno dei quali con una differente velocità; le due onde escono dalla faccia superiore del cristallo con un certo ritardo a causa della loro differenza in velocità.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Indice di Rifrazione

Minerali che hanno più di un indice di rifrazione hanno una proprietà conosciuta come ***doppia rifrazione***.

Una misura quantitativa della doppia rifrazione è la ***birifrangenza***, definita come la differenza tra l'indice maggiore e minore di un minerale (ci torneremo più tardi).

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Rilievo

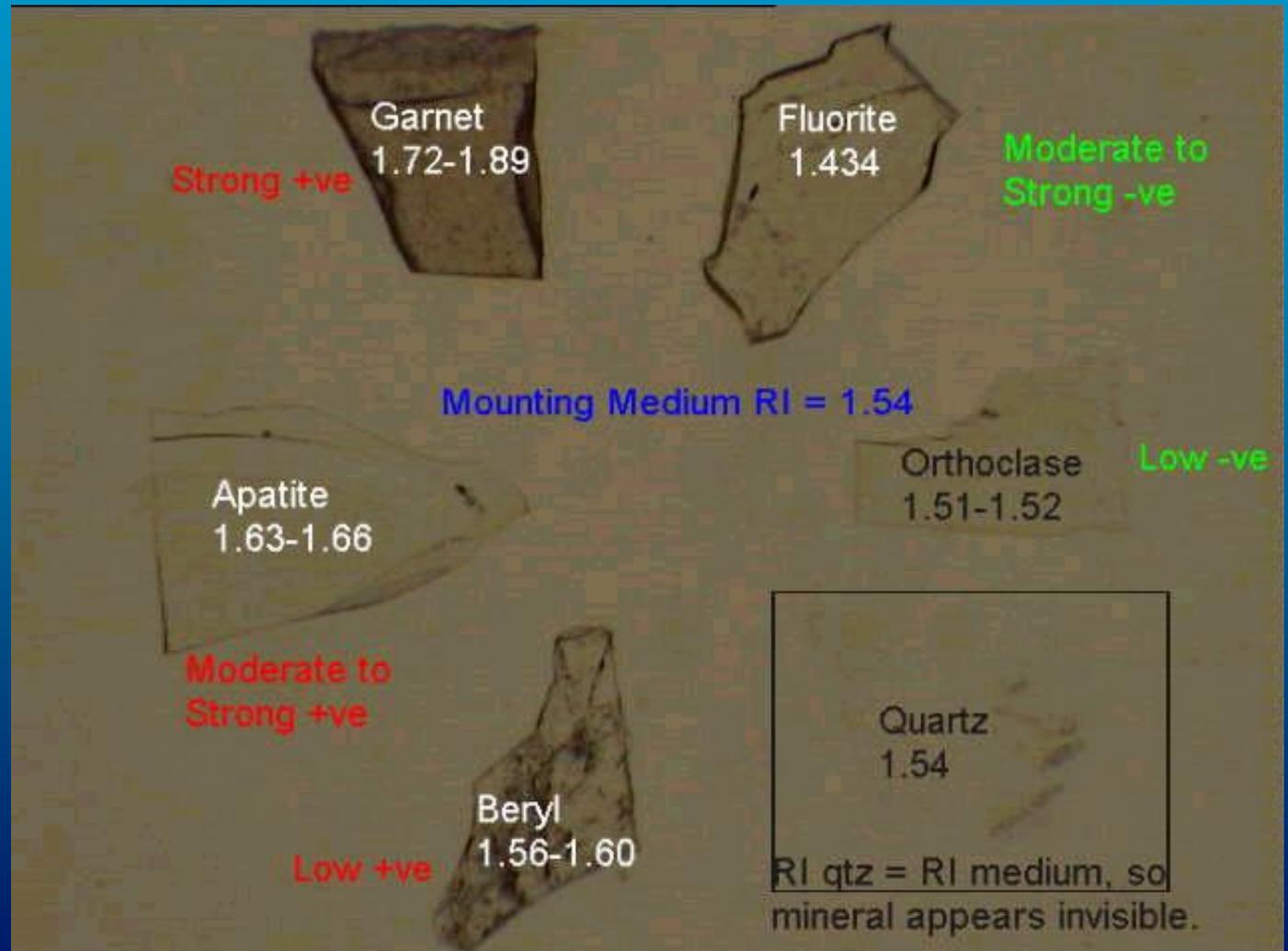
Più alto è l'indice di rifrazione di un minerale, più bassa è la velocità con cui la luce riesce a passare attraverso esso.

Se un certo minerale ha un indice di rifrazione maggiore di un altro minerale, allora esso apparirà come se avesse un maggiore *rilievo*.

ESEMPI:

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Rilievo



DESCRIZIONE DEI MINERALI

Rilievo

Ricorda:

Il Rilievo di un minerale dipende dal suo indice di rifrazione.

Per esempio, Il *Plagioclasio* ha un indice di rifrazione (~1.55) minore di quello dell'*Olivina* (~1.7) e, di conseguenza, ha un rilievo minore.

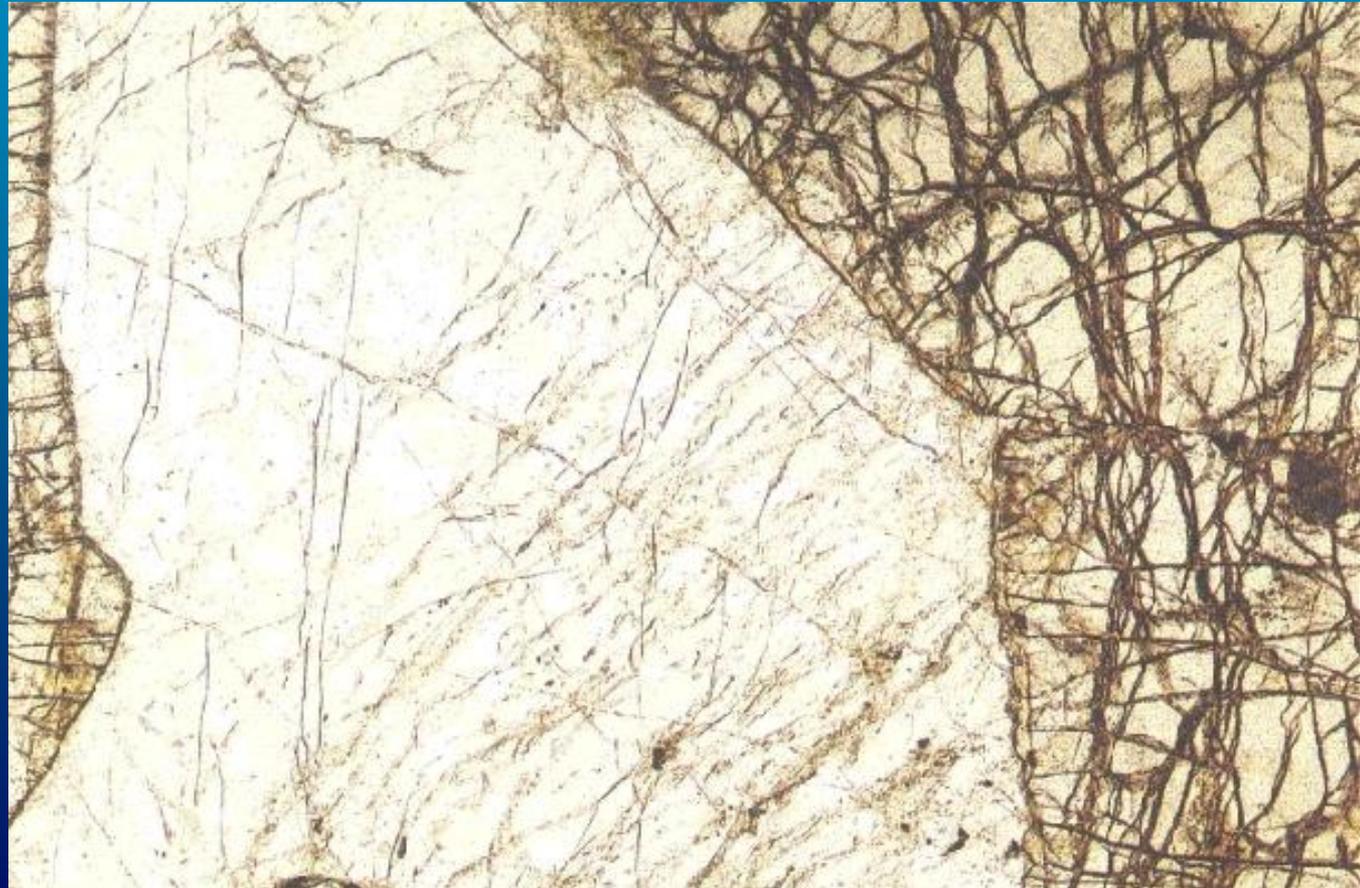
Questo vuol dire che la luce passa più lentamente attraverso l'*Olivina* che attraverso il *Plagioclasio*.

ESEMPI:

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Rilievo

Differente rilievo (Olivina e Plagioclasio)



DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

All'emergenza dal minerale, i due raggi interferiscono tra di loro e, quando osservati con l'analizzatore inserito (nicol incrociati) mostrano quelli che sono chiamati ***colori di interferenza***.

ESEMPI:

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

- *Colori di assorbimento* (al solo polarizzatore)
- Plagioclasio, Olivina, Pirosseno e Magnetite



DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

- ***Colori di interferenza*** (a nicol incrociati)
- Plagioclasio, Olivina, Pirosseno e Magnetite



DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

- I colori di interferenza mostrati da un minerale in sezione sottile sono funzione di tre parametri:
 - ◆ La birifrangenza del minerale;
 - ◆ Lo spessore della sezione sottile;
 - ◆ L'orientazione lungo la quale il minerale è tagliato.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

La seconda variabile è eliminata tagliando tutte le sezioni sottili di roccia in uno spessore standard di 0.03 mm.

Per eliminare la terza variabile (differenza in orientazione), viene considerato solo il valore massimo di colore di interferenza e il valore della birifrangenza si ottiene dalla carta di Michel-Levy.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

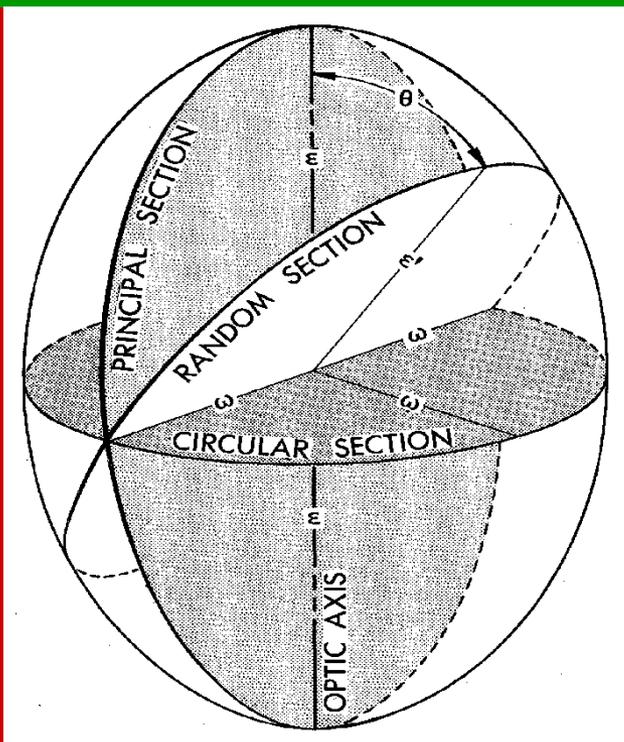
Birifrangenza

Ricorda:

Il colore di interferenza è proporzionale alla differenza tra l'indice di rifrazione maggiore e quello minore di un minerale.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza



In una **sezione a caso** il colore di interferenza è proporzionale a $\epsilon' - \omega$.

Nella **sezione principale** il colore di interferenza è proporzionale a $\epsilon - \omega$.

Nella **sezione circolare** il colore di interferenza è proporzionale a $\omega - \omega = 0$

Un minerale può essere tagliato in una orientazione a caso in una sezione sottile e, quindi, è possibile trovare una variazione di colori di interferenza, dal nero (sezione circolare) al valore massimo (sezione principale) attraverso valori intermedi.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

La carta di Michel-Levy o ***carta di birifrangenza*** mostra i colori di interferenza in una sezione di spessore standard di un minerale incolore in funzione della sua birifrangenza.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

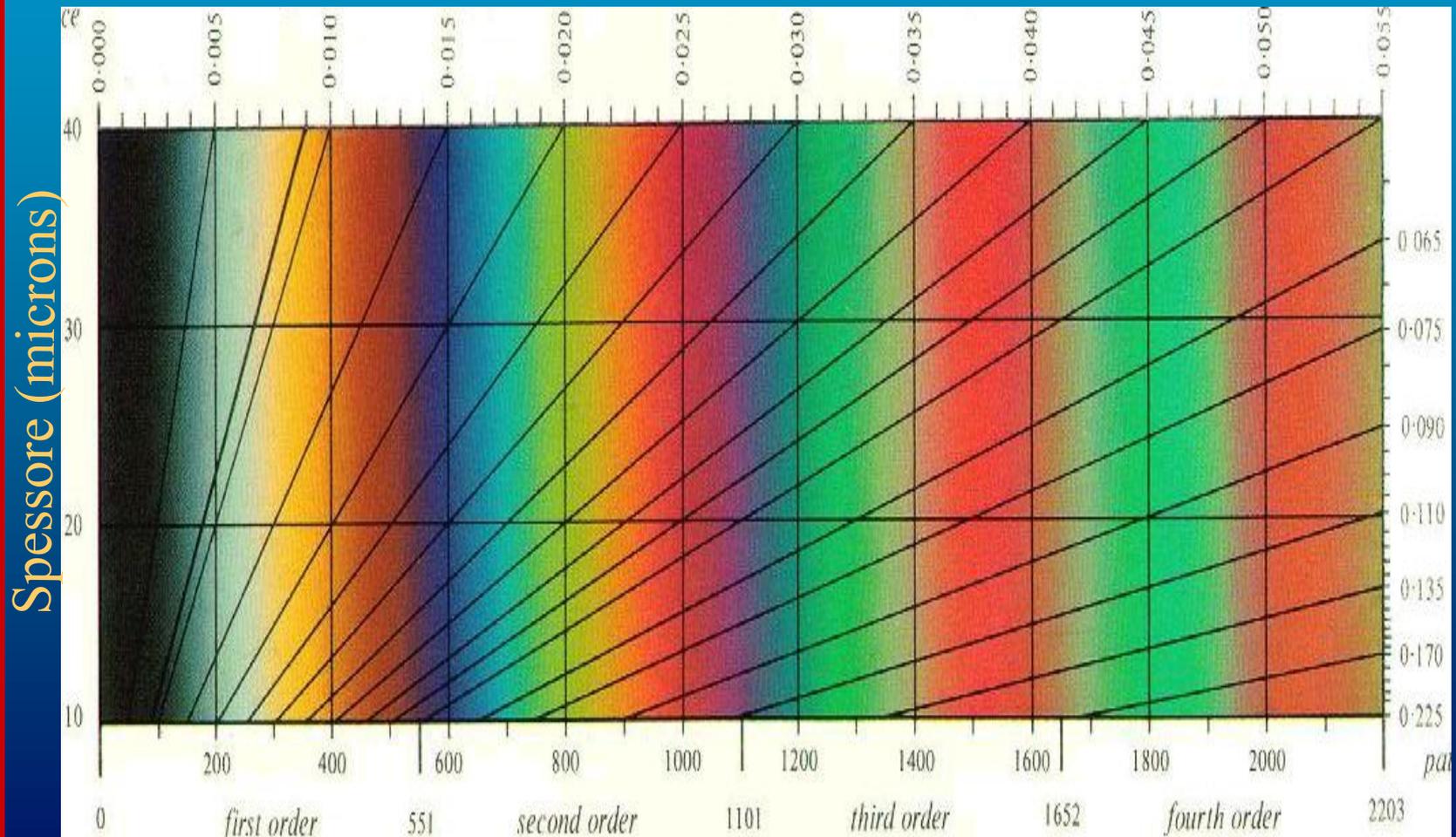
Birifrangenza

I colori di interferenza bassi sono il grigio e il bianco e questi sono alla sinistra della carta. I colori della carta sono divisi in ***ordini***.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

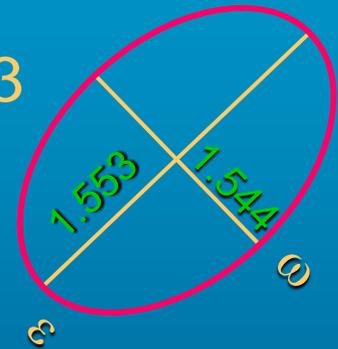
Carta di Michel-Levy



DESCRIZIONE DEI MINERALI

Minerali anisotropi

Esempio: Quarzo $\omega = 1.544$ $\varepsilon = 1.553$



Segno??

(+) perchè $\varepsilon > \omega$

$\varepsilon - \omega = 0.009$ (birifrangenza) (δ)

= massimo colore di interferenza (quando si vede questo)

A quale colore corrisponde questo valore?? Usa la carta.

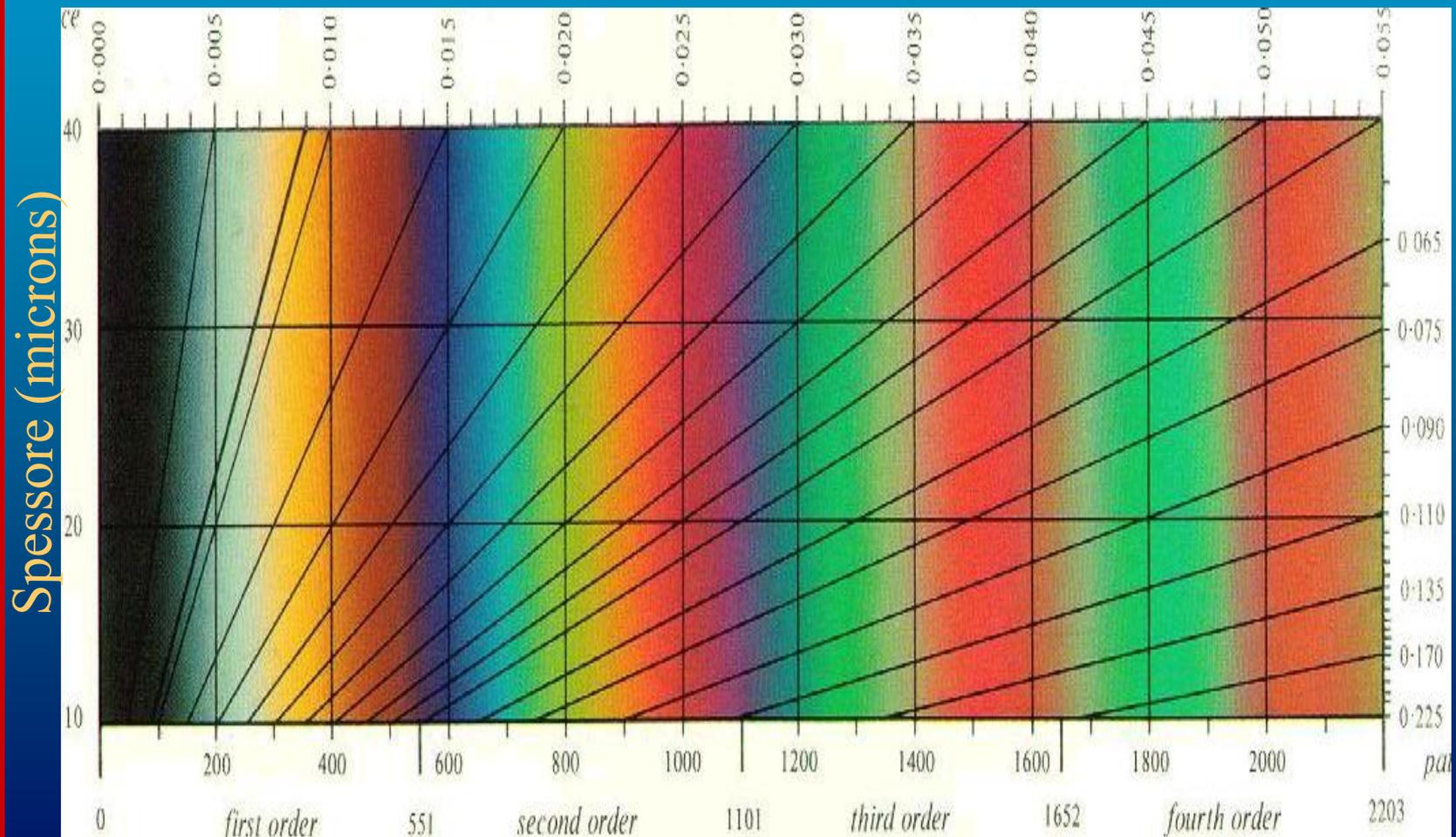
- 1) Seguite la linea 0.009 in direzione dell'origine
- 2) Dove incontra lo spessore di 30 micron (lo standard per sezioni sottili) otteniamo un colore giallo chiaro (colore del quarzo quando orientato con l'asse ottico nel piano del tavolino portaoggetti)

Per altre orientazioni si considera $\varepsilon' - \omega \rightarrow$ colore progressivamente più basso (perché $\varepsilon' < \varepsilon$)

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

Carta di Michel-Levy



DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

MOLTO IMPORTANTE:

Un singolo cristallo di un minerale può mostrare qualsiasi colore di interferenza tra quello corrispondente alla sua massima birifrangenza e il nero (corrispondente alla birifrangenza zero), a seconda della orientazione del cristallo.

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

RICORDA:

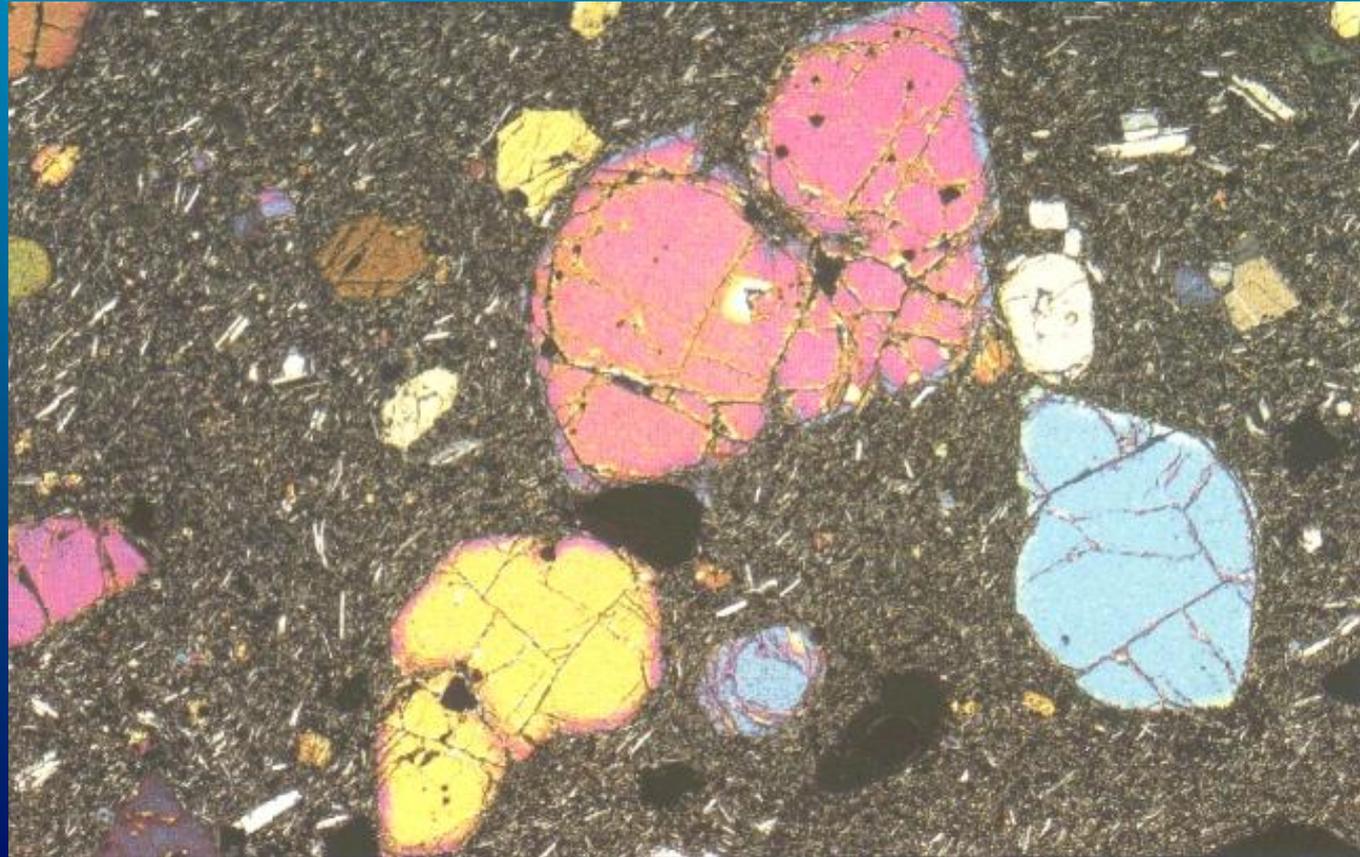
Per un dato minerale in una sezione sottile di spessore standard, solo il colore di interferenza più elevato è di valore diagnostico per definire la sua birifrangenza.

ESEMPIO:

DESCRIZIONE DEI MINERALI

Birifrangenza

- I cristalli di Olivine in questa foto mostrano differenti colori di interferenza variabili da un massimo (rosa intenso) a nero.



DESCRIZIONE DEI MINERALI

FINE PARTE II