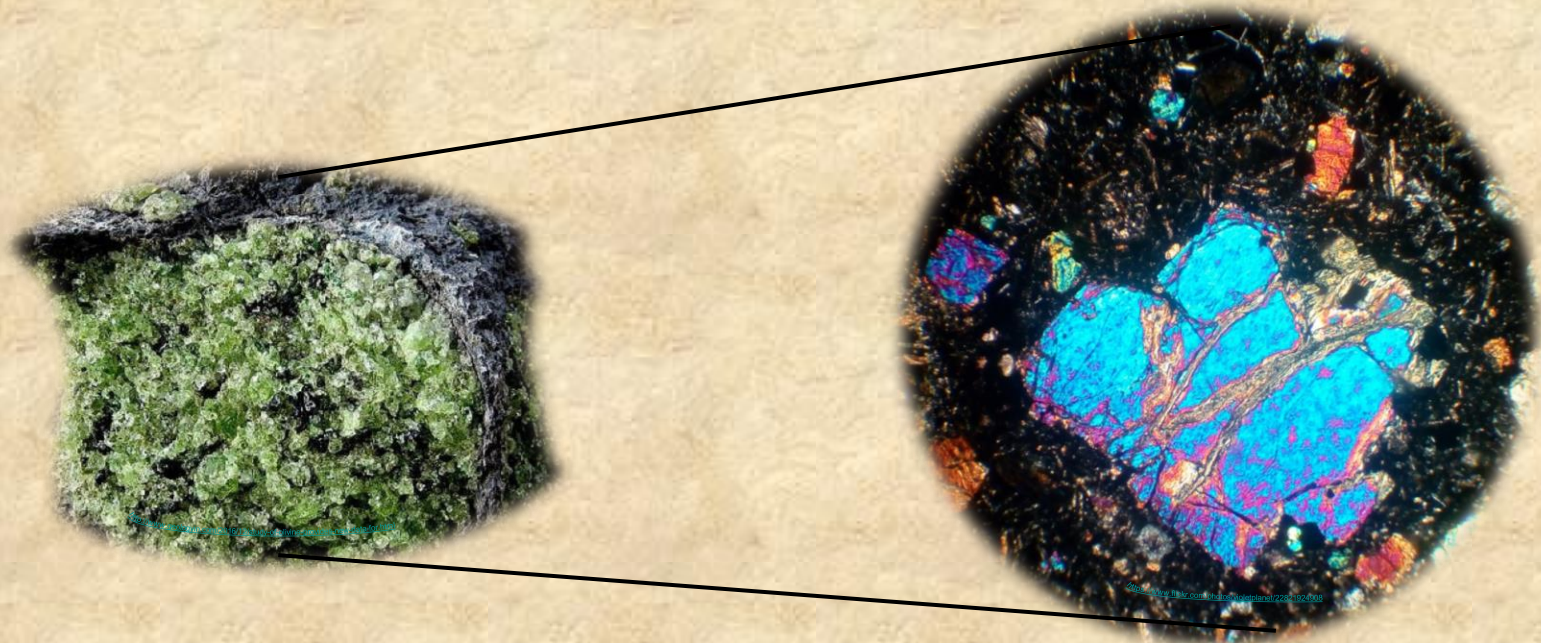


Συνοπτικός Οδηγός Εργαστηρίου Μικροσκοπίας

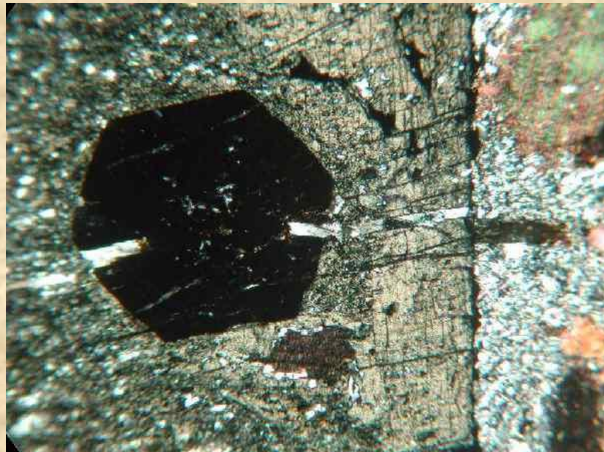


I. Μεγρέμη - Π. Βουδούρης - Α. Γκοντελίτσα
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος,
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

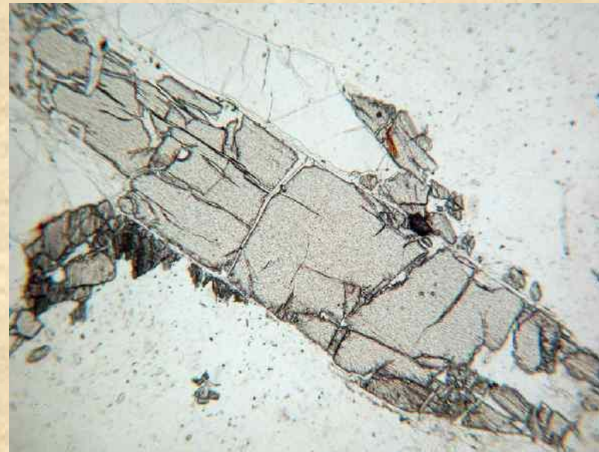
ΟΡΘΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Μόνο με πολωτή
Nicols //

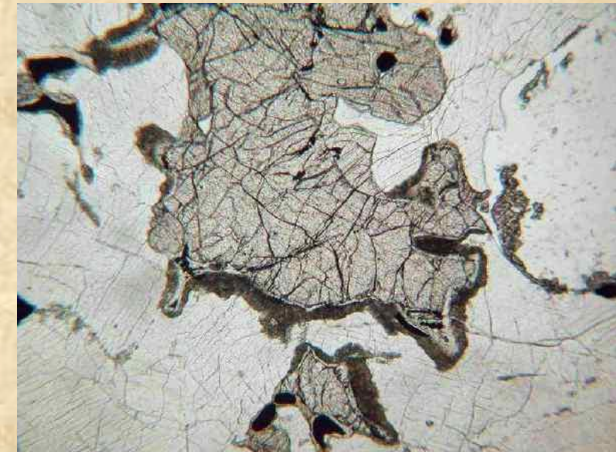
• Σχήμα – Μορφή



Ιδιόμορφο



Υπιδιόμορφο



Αλλοτριόμορφο

● Χρώμα

Nicols //

Έγχρωμα ορυκτά (Nicols //)



Βιοτίτης (καστανός)

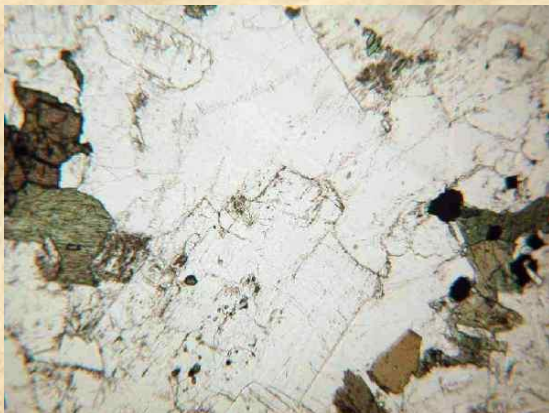


Κεροσίλβη (πράσινη)

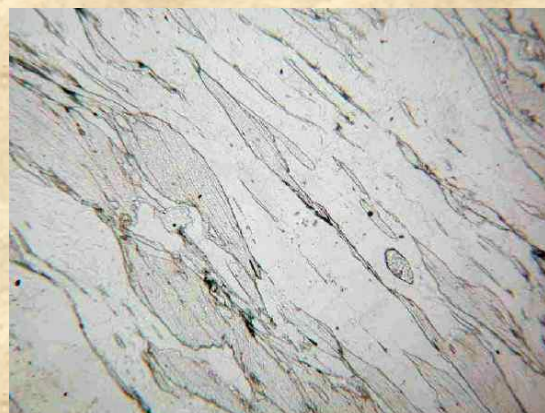


Γλαυκοφανής (κυανός)

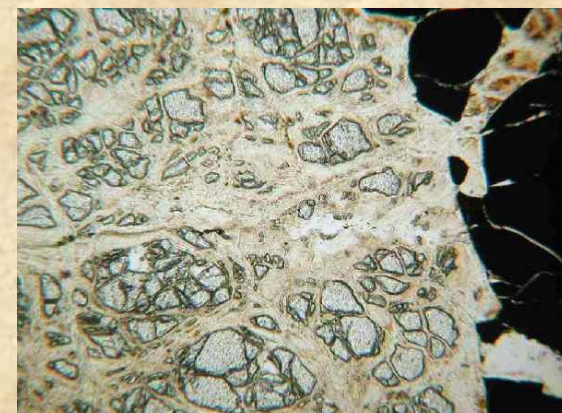
Άχρωμα ορυκτά (Nicols //)



Χαλαζίας και πλαγιόκλαστο



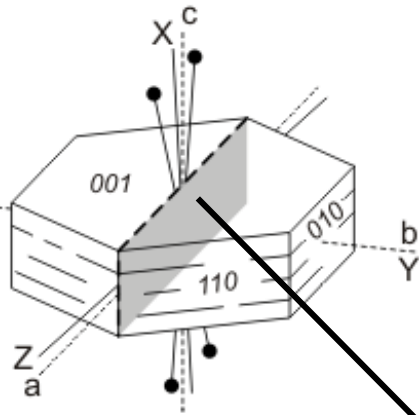
Μοσχοβίτης και χαλαζίας



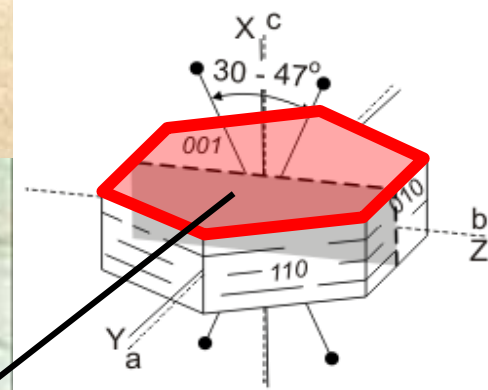
Ολιβίνης και σερπεντίνης
(άχρωμοι), Χρωμίτης (μαύρος)

• Πλεοχροϊσμός (Pleochroism)

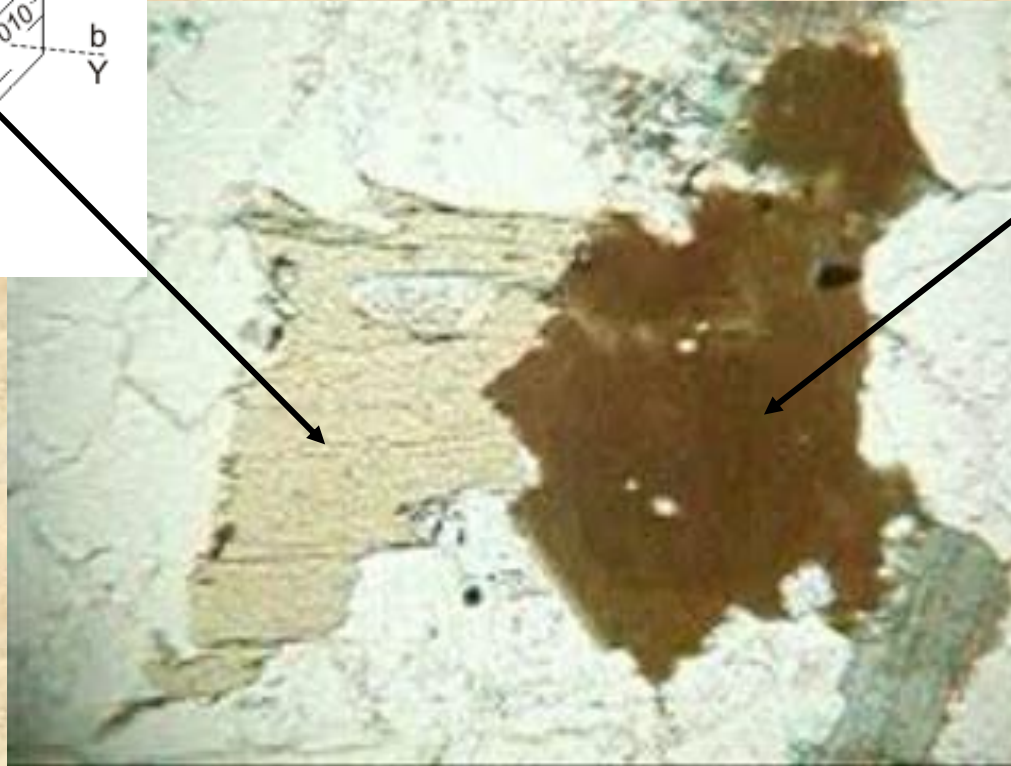
Nicols //



τομή κάθετη στα φύλλα

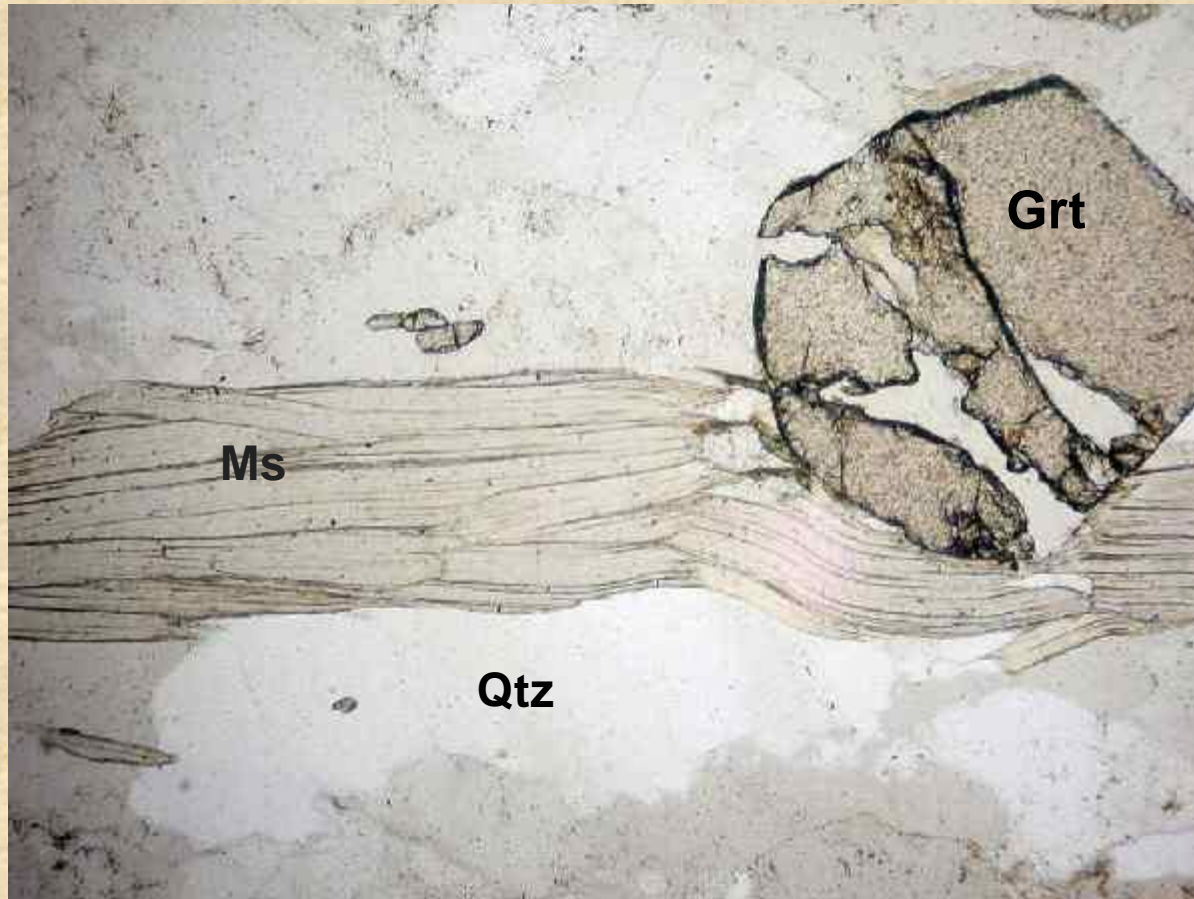


φύλλο βιοτίτη



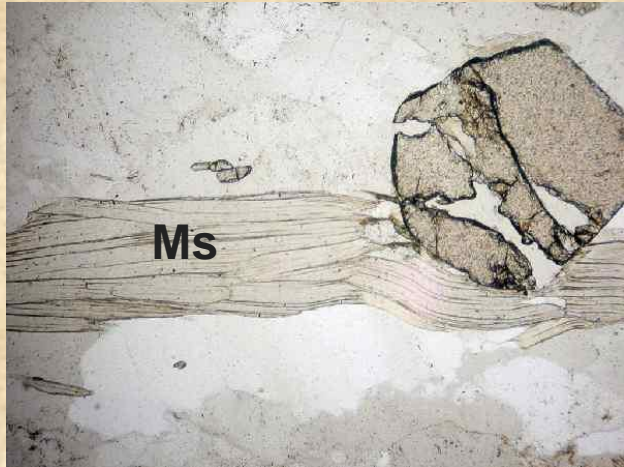
Έντονος πλεοχροϊσμός σε τομή βιοτίτη κάθετη στα φύλλα
(// στον O.A)
και έλλειψη πλεοχροϊσμού σε φύλλο βιοτίτη (\perp O.A)

- Ανάγλυφο (relief)

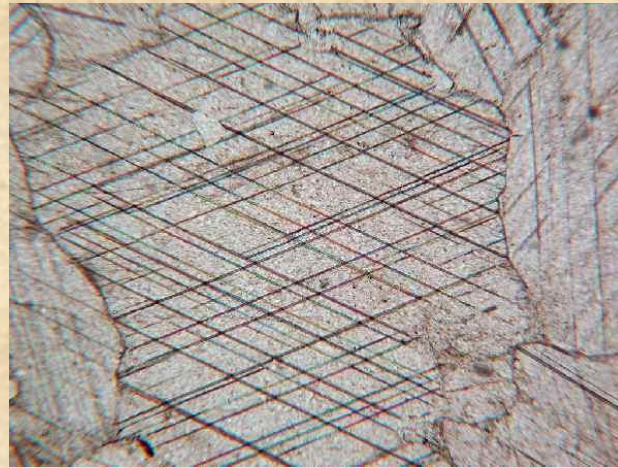


**Γρανάτης (πολύ υψηλό), Μοσχοβίτης (Μέτριο),
Χαλαζίας (χαμηλό)**

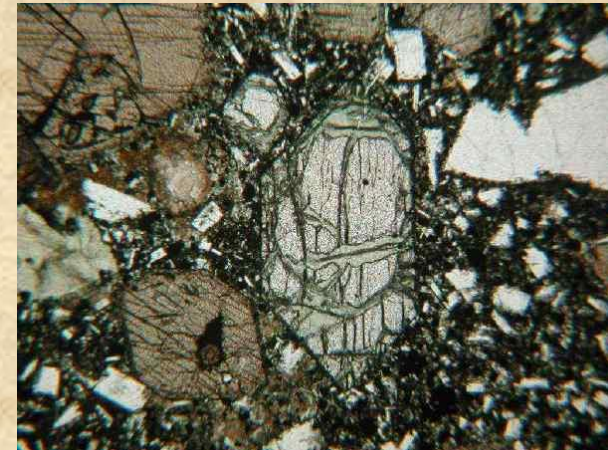
- Σχισμός-Θραυσμός



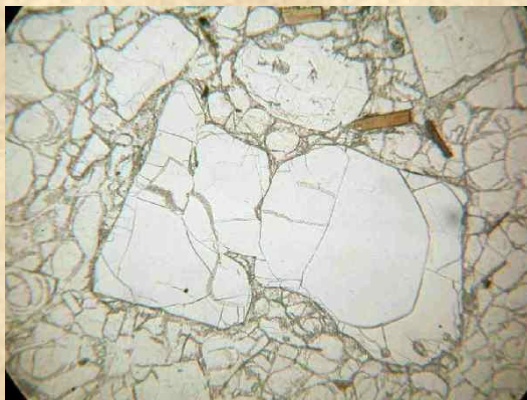
Τέλειος σχισμός Μοσχοβίτη.



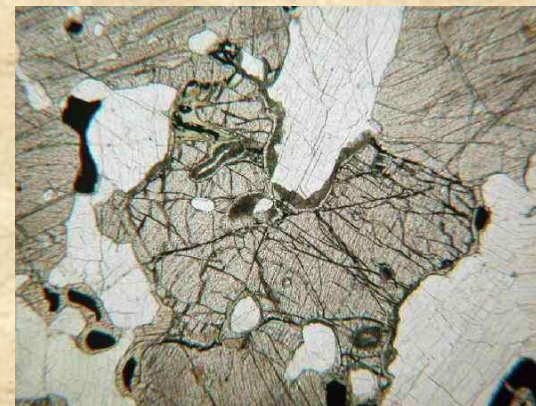
Τέλειος σχισμός Ασβεσίτη (ρομβοεδρικός).



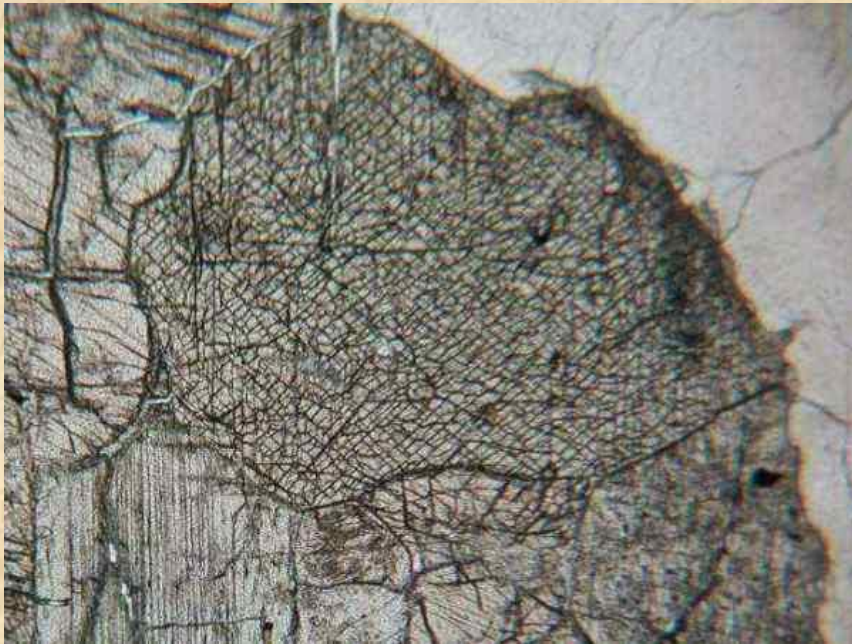
Ατελής σχισμός Ολιβίνη κατά (010).



Θραυσμός (σπασίματα) χαλαζία.

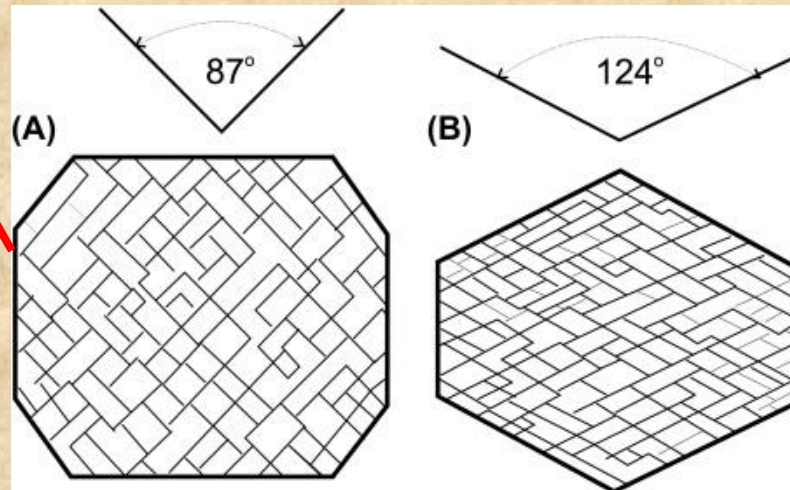


Θραυσμός (σπασίματα) ολιβίνη.



Διπλός σχισμός
Πυροξένων
(γωνία σχισμού 87°).

Διπλός σχισμός
Αμφιβόλων
(γωνία σχισμού 124°).



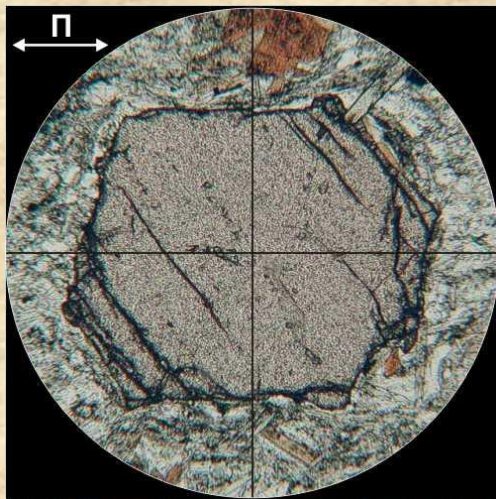
ΟΡΘΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Με πολωτή και αναλυτή
Nicols X

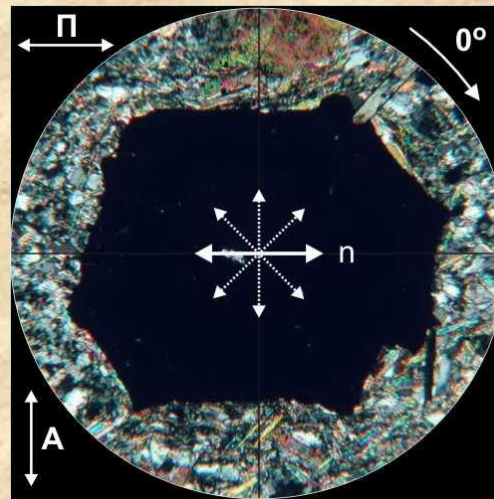
● Ισότροπα – Ανισότροπα

Ισότροπα ορυκτά (ορυκτά του κυβικού ή άμορφο υλικό)

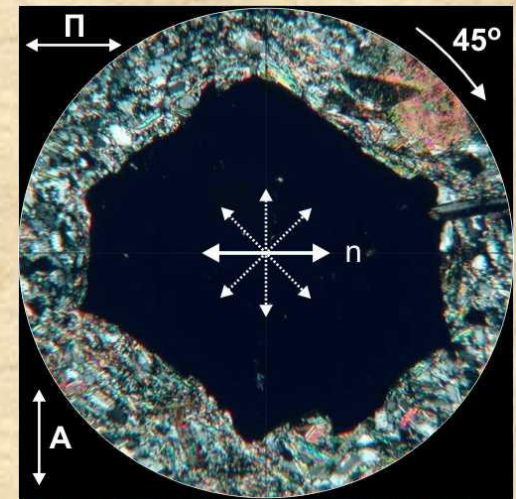
- 1 δ.δ
- Διαρκής κατάσβεση



Nicols //

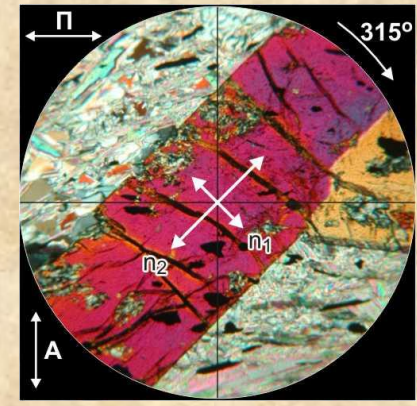
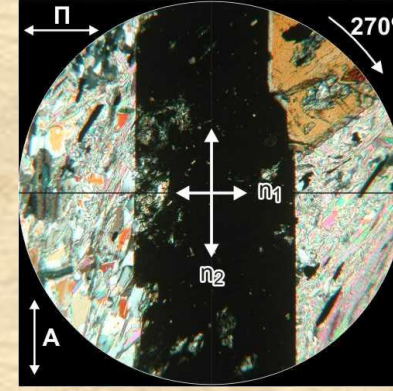
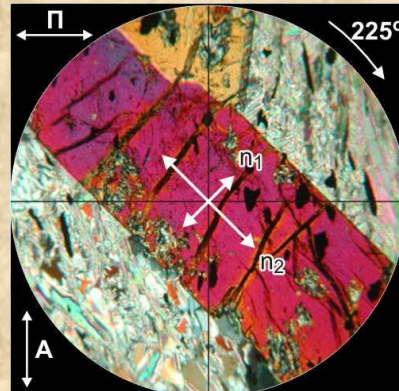
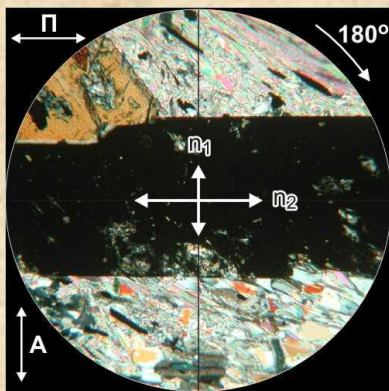
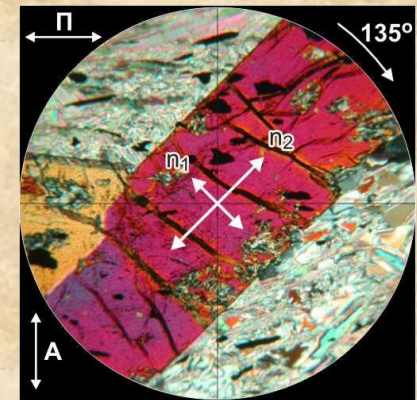
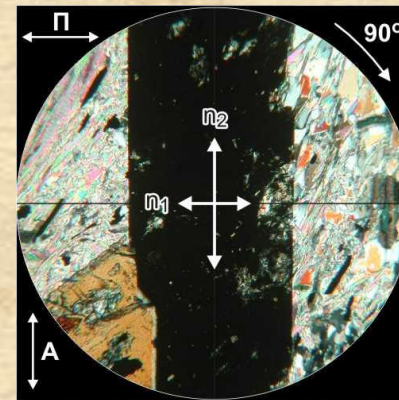
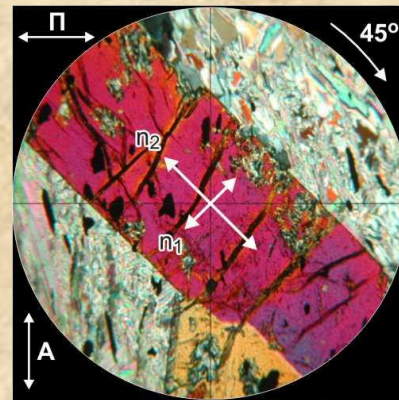
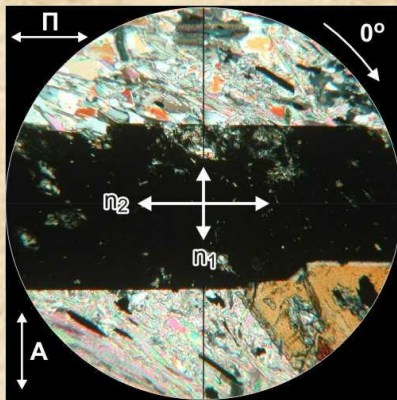


Nicols X



Nicols X

Ανισότροπα ορυκτά - 4κισ κατάσβεση και έγχρωμη πόλωση

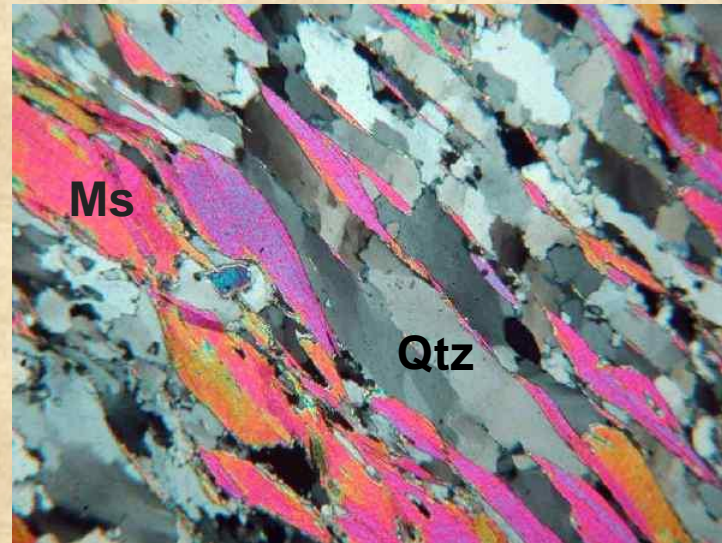


Χρώματα πόλωσης - Κλίμακα Michel-Levy

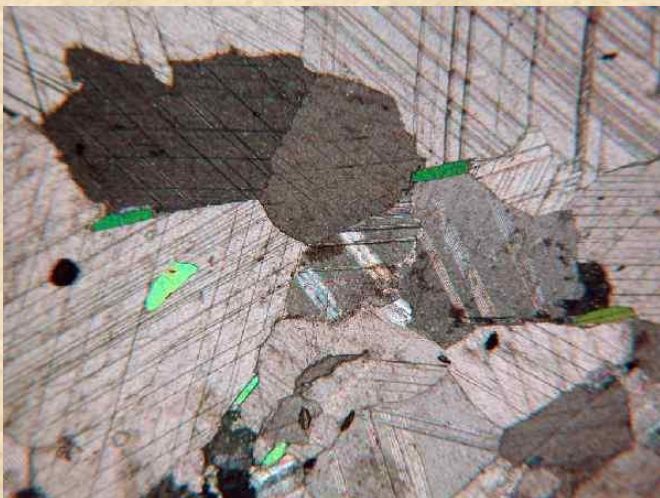
Nicols X



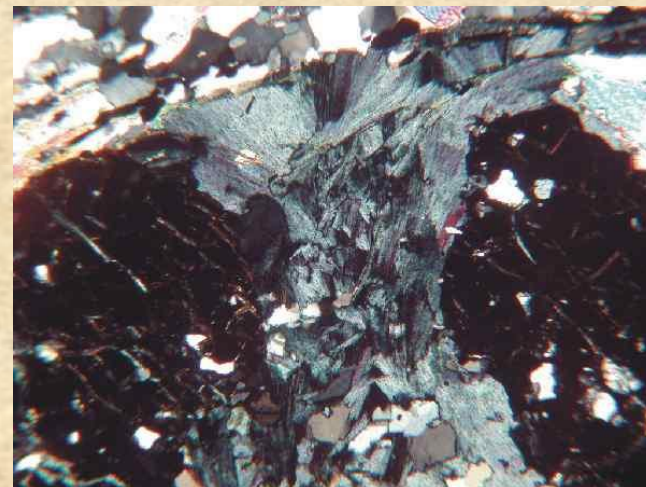
Γκριζα χαμηλά 1ης τάξης
(Κ-άστριος)



Υψηλά, έντονα
(Μοσχοβίτης)



Πολύ υψηλά 4ης τάξης και άνω
(Ασβεσίτης)



Ανώμαλα χρώματα πόλωσης

Διπλοθλαστικότητα - Χρώματα πόλωσης

birefringence - interference colours

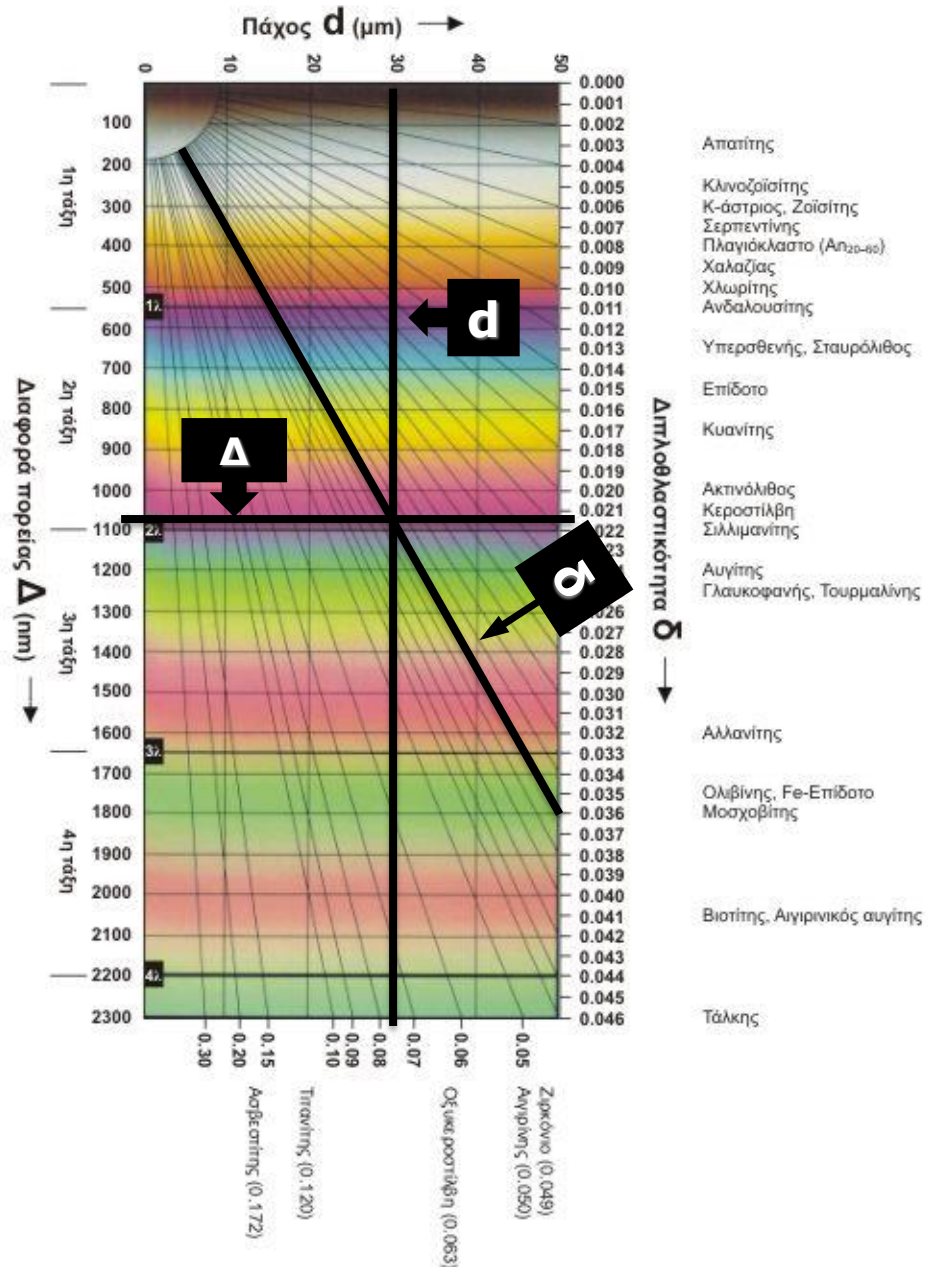
- Η κλίμακα Michel-Levy δείχνει την κανονική σειρά των χρωμάτων πόλωσης.
- Στην κλίμακα συσχετίζονται η **διαφορά πορείας Δ** (σε nm), η **διπλοθλαστικότητα δ** και το **πάχος d** (σε μm). Κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη διαφορά πορείας Δ. Η **διαφορά πορείας Δ** και συνεπώς το χρώμα πόλωσης της τομής του ορυκτού εξαρτάται από:

Το **πάχος d** και τη **διπλοθλαστικότητα δ** και Ισούται με

$$\Delta = d \cdot \delta$$

- Το πάχος **d** των λεπτών τομών κατά την κατασκευή τους κρατείται σταθερό και ίσο με 20-30 μm. Επομένως τα χρώματα πόλωσης εξαρτώνται απ' ευθείας από τη διπλοθλαστικότητα της τομής.

ΚΛΙΜΑΚΑ MICHEL-LEVY
Χρώματα Πόλωσης



Διπλοθλαστικότητα - Χρώματα πόλωσης

birefringence - interference colours

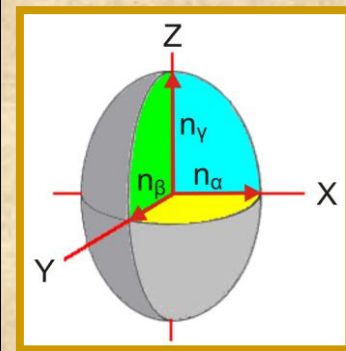
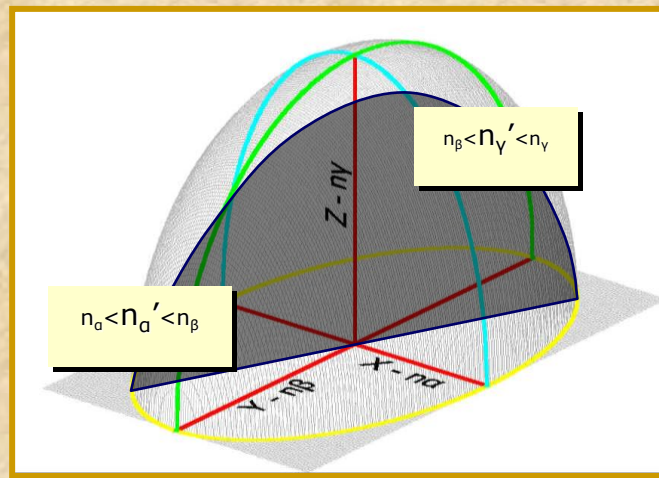
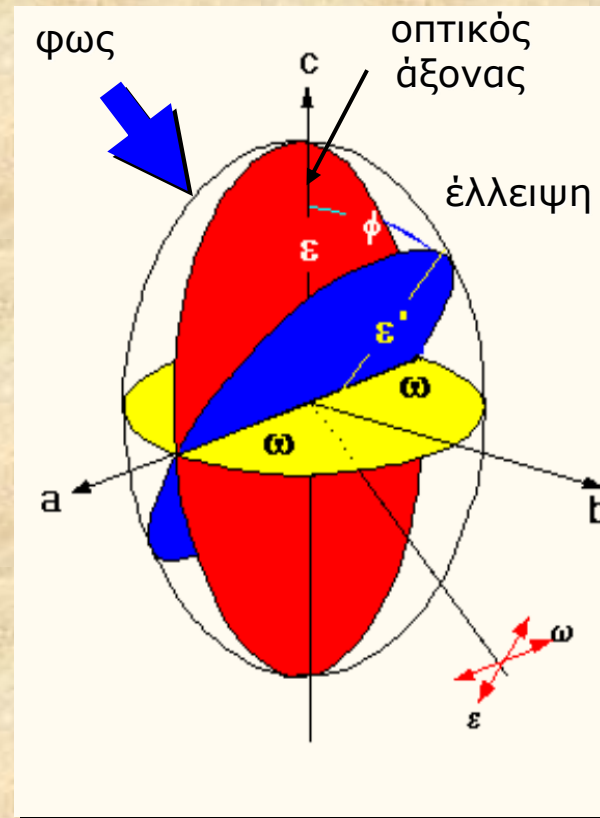
Διπλοθλαστικότητα δ ονομάζεται η διαφορά των δ.δ. των δύο ακτινών και ισούται με $\delta = n_2 - n_1$.

Η διπλοθλαστικότητα εξαρτάται από τον κρυσταλλογραφικό προσανατολισμό της τομής. Η

μέγιστη διπλοθλαστικότητα ονομάζεται διπλοθλαστικότητα ορυκτού, είναι χαρακτηριστική για κάθε ορυκτό και είναι αυτή που αναφέρεται στους ορυκτοδιαγνωστικούς πίνακες.

Η διπλοθλαστικότητα ορυκτού στους μονάξονες κρυστάλλους (τριγωνικό, τετραγωνικό, εξαγωνικό) ισούται με $\delta = n_e - n_o$

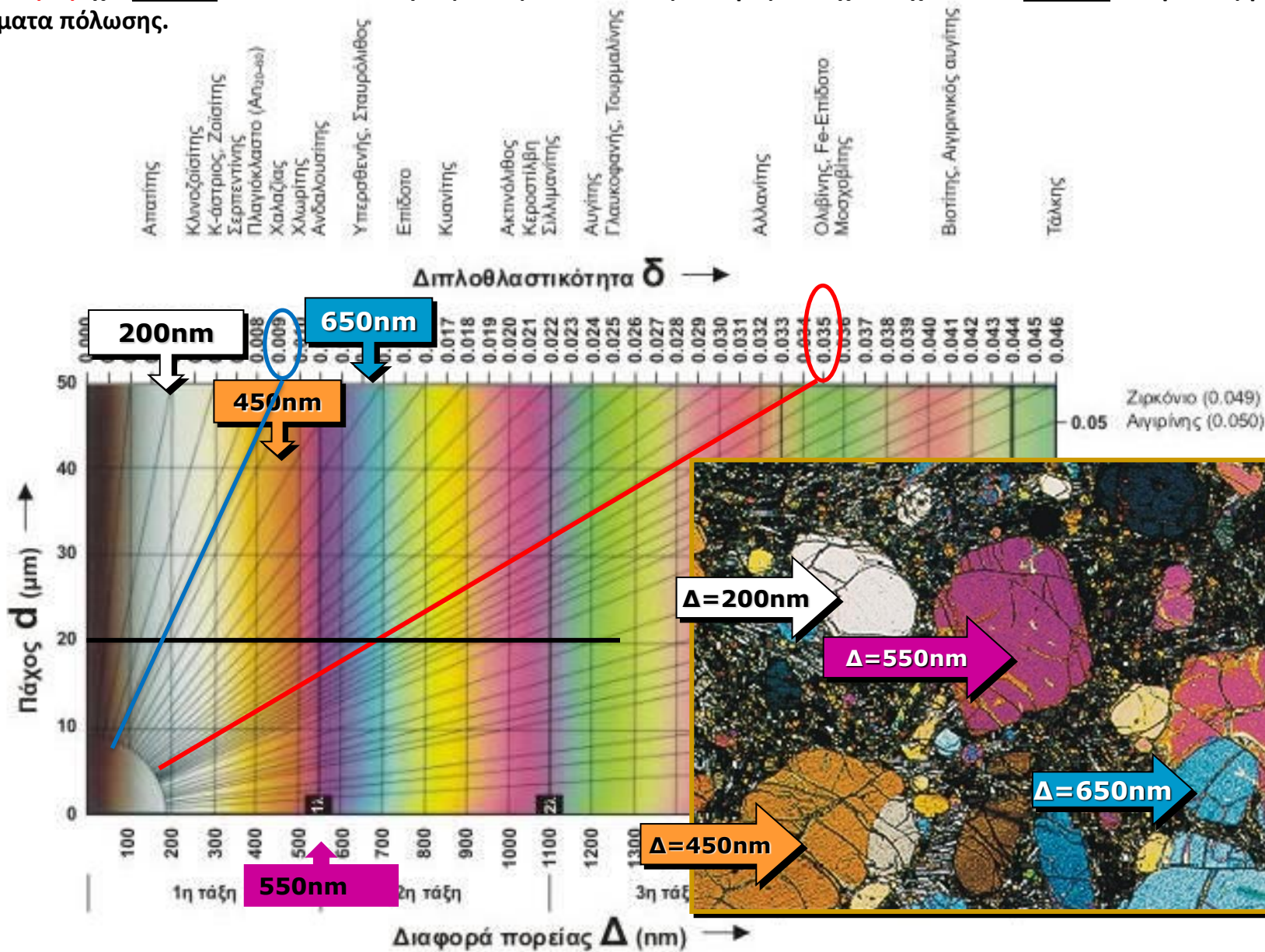
Η διπλοθλαστικότητα ορυκτού στους διάξονες κρυστάλλους (ρομβικό, μονοκλινές, τρικλινές) ισούται με $\delta = n_\gamma - n_\alpha$



Στο ίδιο ορυκτό διάφορες τομές έχουν διαφορετικά χρώματα πόλωσης. Πχ. Ο **ολιβίνης** έχει υψηλή διπλοθλαστικότητα (**0,035**) και συνεπώς οι τομές του έχουν **ερυθρά, μπλε, πράσινα υψηλά χρώματα πόλωσης** έως **χαμηλά γκριζα**.

Ο **χαλαζίας** έχει χαμηλή διπλοθλαστικότητα (**0,009**) και συνεπώς οι τομές του έχουν από **χαμηλά** άσπρα έως γκριζα χρώματα πόλωσης.

ΚΛΙΜΑΚΑ MICHEL-LEVY
Χρώματα Πόλωσης



Κλίμακα Michel-Levy - Χρώματα πόλωσης

ΚΛΙΜΑΚΑ MICHEL-LEVY Χρώματα Πόλωσης

Nicols X

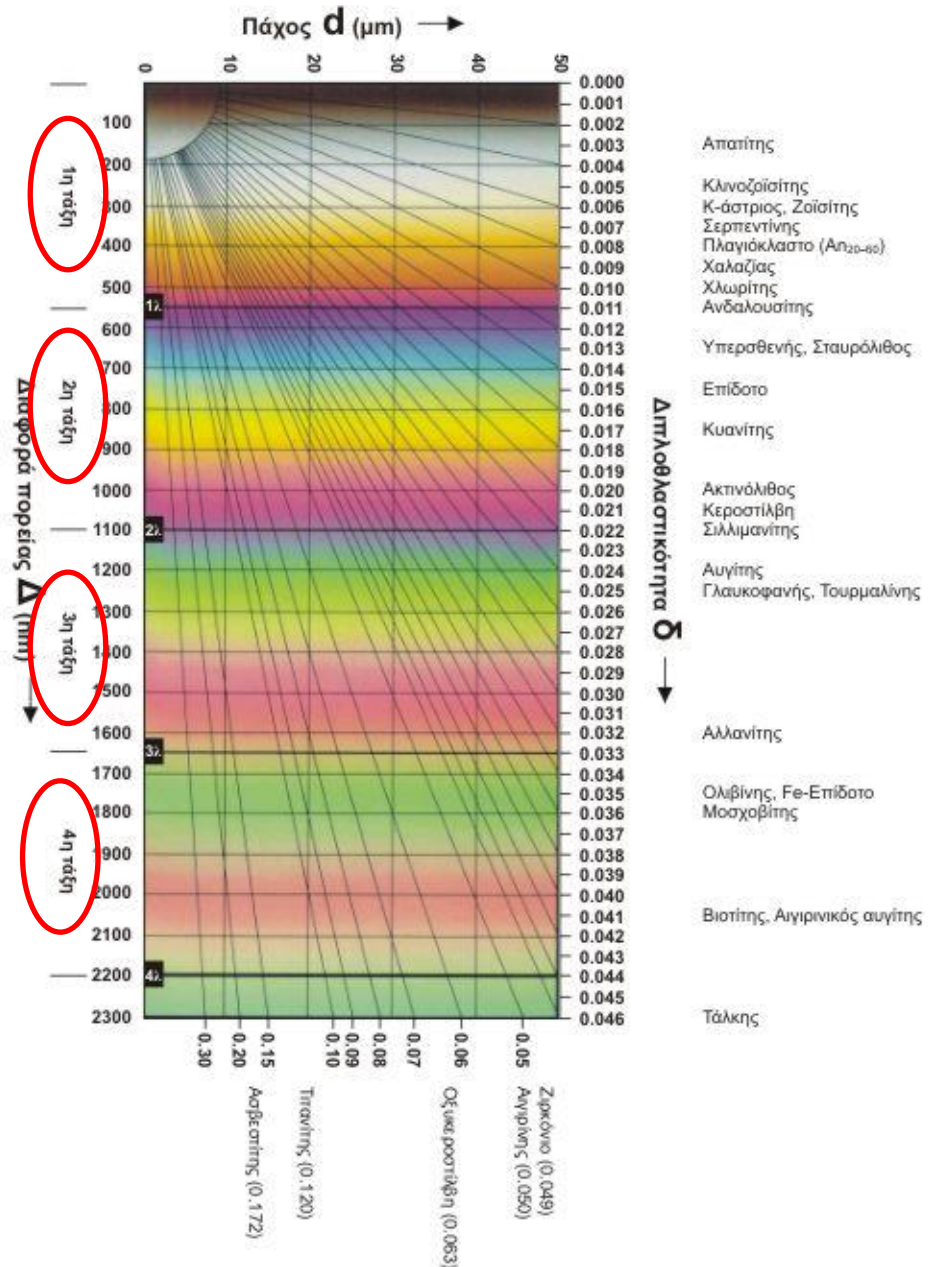
Τα χρώματα πόλωσης διαιρούνται σε τάξεις.

Κάθε τάξη περιλαμβάνει 550 nm διαφοράς πορείας Δ .

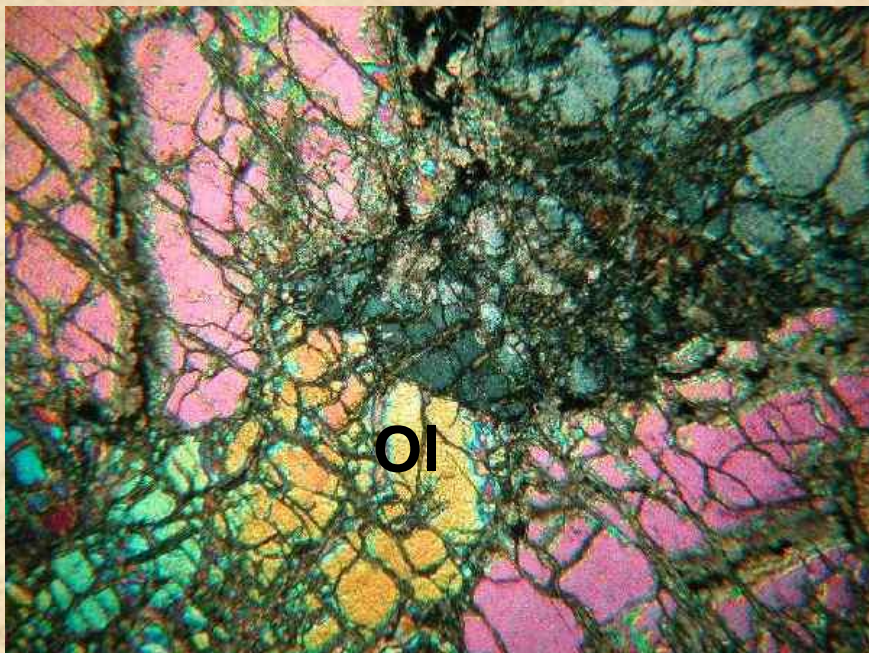
Τα χρώματα πόλωσης της 1ης τάξης αντιστοιχούν σε διαφορές πορείας 0-550 nm, της 2ης τάξης μεταξύ 550-1100 nm, της 3ης τάξης μεταξύ 1100-1650 nm κ.ο.κ.

Οι τάξεις χωρίζονται μεταξύ τους με μία ερυθρή ταινία, αντίστοιχα το ερυθρό 1ης τάξης (550 nm), το ερυθρό 2ης τάξης (1100 nm), το ερυθρό 3ης τάξης (~1650 nm) κ.ο.κ.

Προς τις υψηλότερες τάξεις τα χρώματα πόλωσης αποτελούν χροιές ρόδινου και πράσινου και ξεθωριάζουν προοδευτικά, έτσι ώστε πάνω από την 4η τάξη να μεταπίπτουν τελικά σε ένα λευκό-υποκίτρινο χρώμα που ονομάζεται λευκό ανώτερης τάξης.



Χρώματα πόλωσης εξαρτώνται από τον προσανατολισμό της τομής

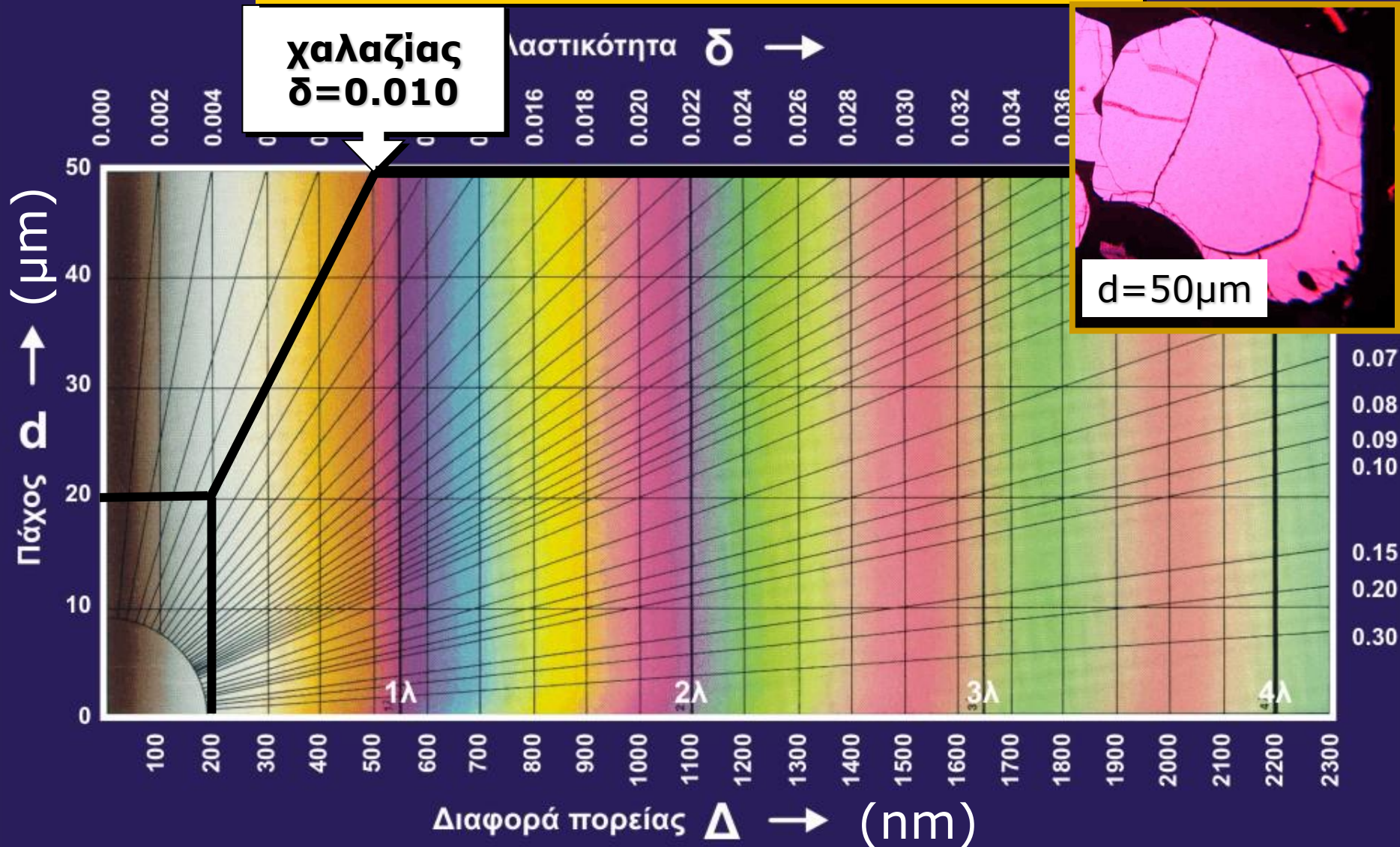


Διάφορες τομές του **Ολιβίνη (Ol)** με διαφορετικά χρώματα πόλωσης

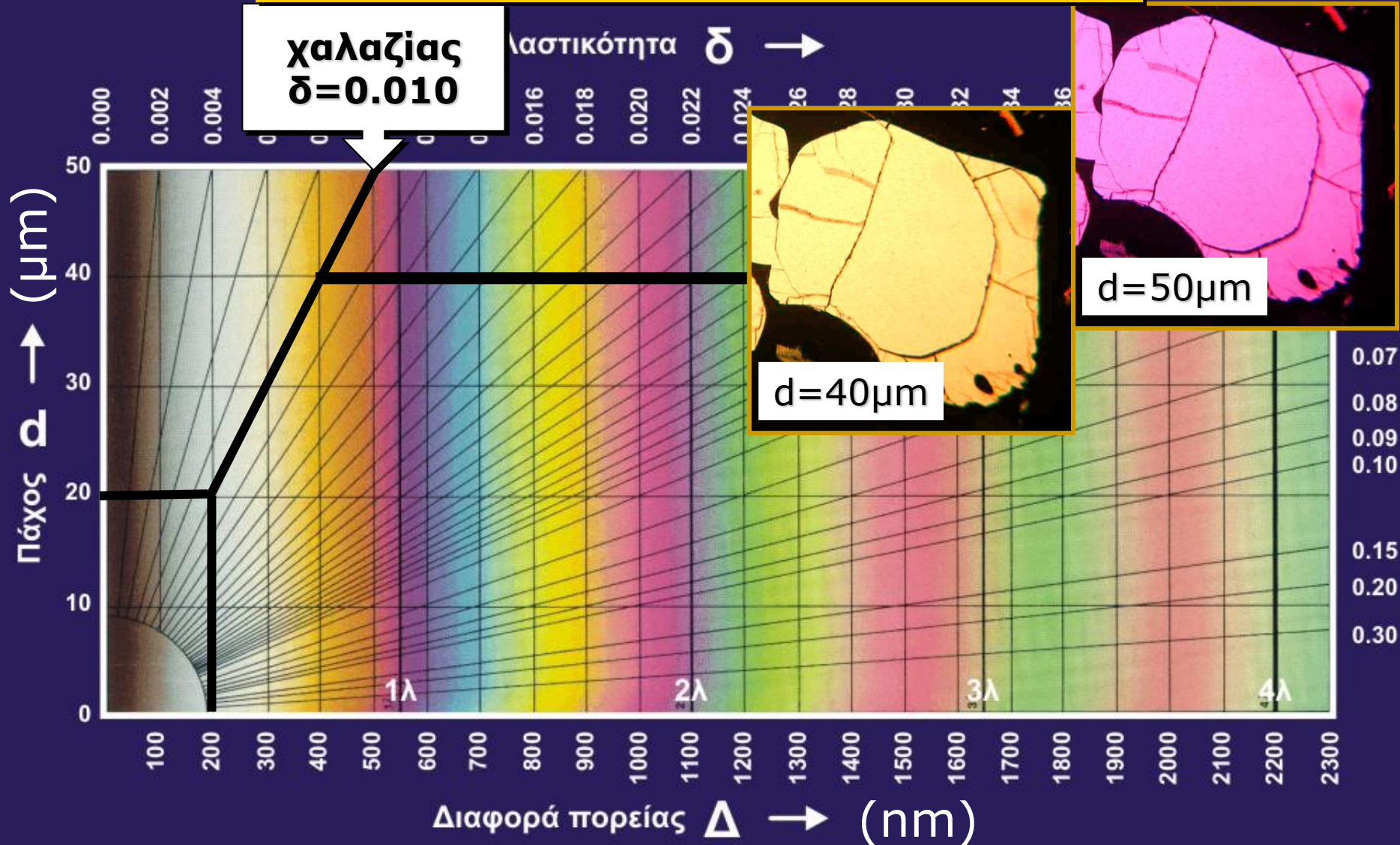


Διάφορες τομές του **Χαλαχία (Qtz)** με διαφορετικά χρώματα πόλωσης

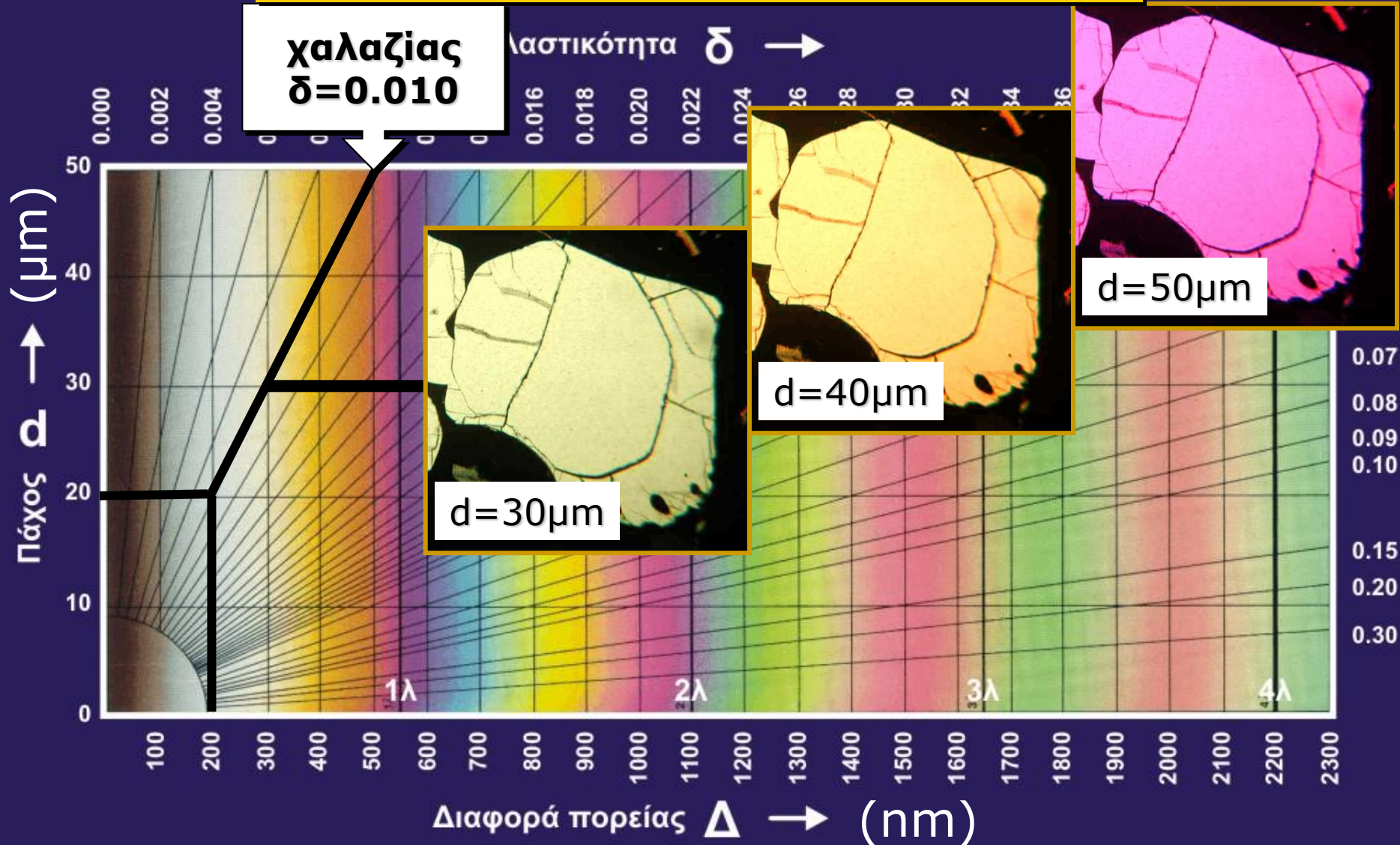
Προσδιορισμός πάχους λεπτής τομής με χαλαζία



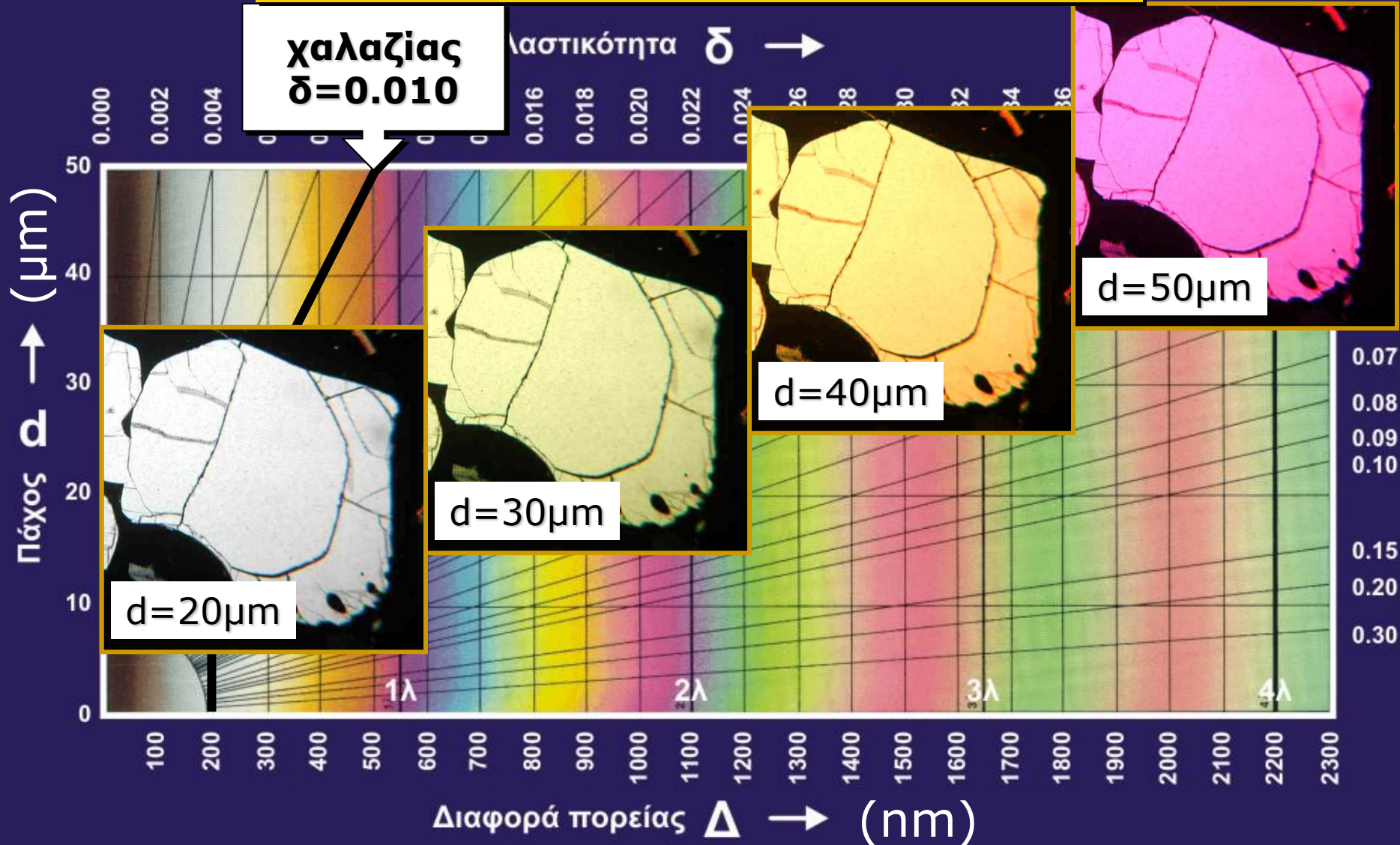
Προσδιορισμός πάχους λεπτής τομής με χαλαζία



Προσδιορισμός πάχους λεπτής τομής με χαλαζία

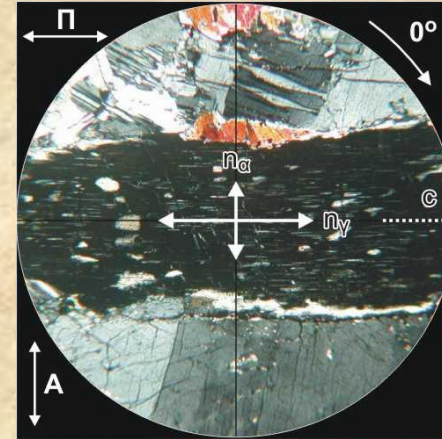
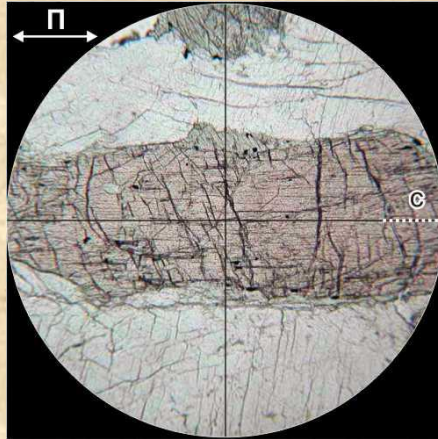


Προσδιορισμός πάχους λεπτής τομής με χαλαζία

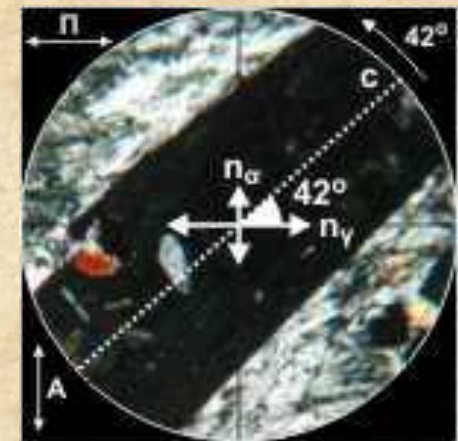
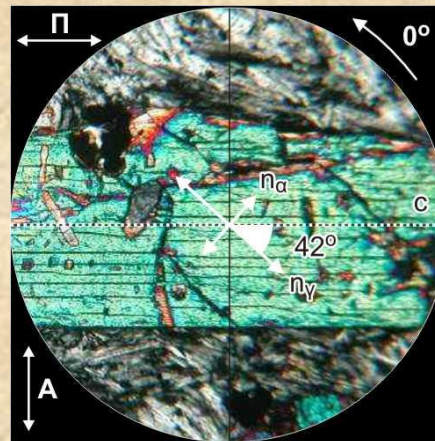


- Κατάσβεση – Κατασβεστική γωνία
(extinction – extinction angle)

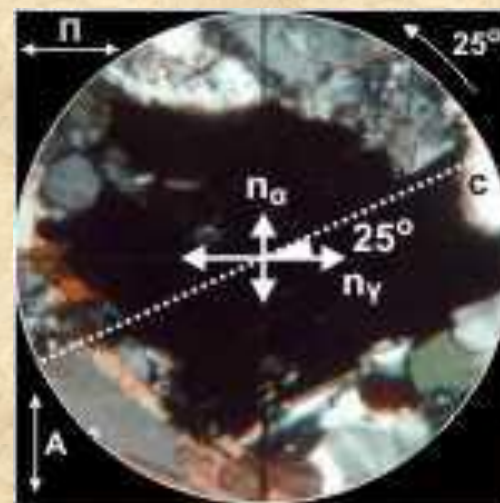
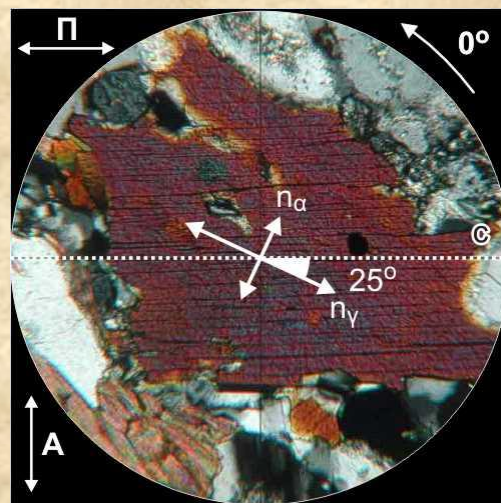
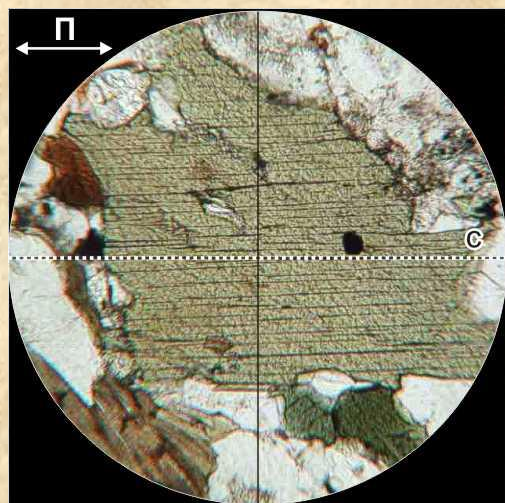
Ορθή κατάσβεση (ορθοπυρόξενος)



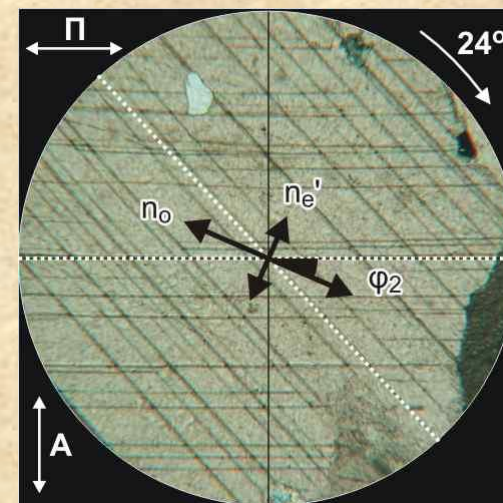
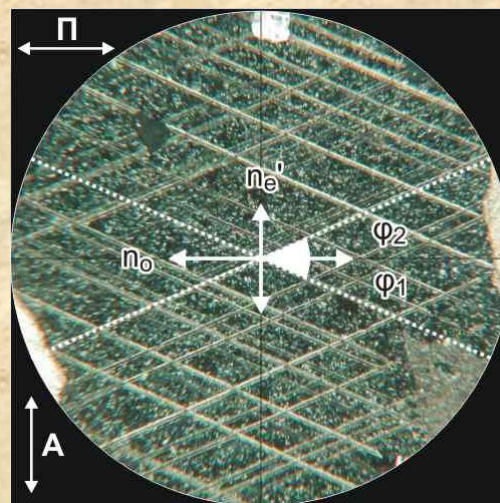
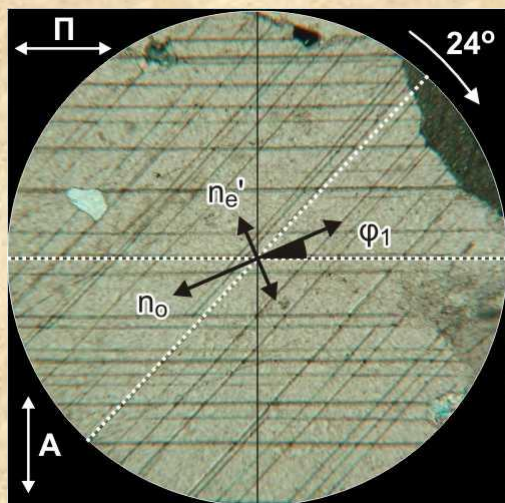
Πλάγια κατάσβεση (κλίνοπυρόξενος $\sim 45^\circ$)



Πλάγια κατάσβεση αμφίβολου (κεροσίλβης ~25°)



Συμμετρική κατάσβεση (ασβεστίτης)



ΚΩΝΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Με πολωτή και αναλυτή
Nicols X

Η κωνοσκοπική εξέταση μας βοηθάει να προσδιορίσουμε τον οπτικό χαρακτήρα και το οπτικό σημείο ενός ορυκτού.

Οπτικός χαρακτήρας

- Μονάξονας
- Διάξονας

Οπτικό σημείο

- Θετικός (+)
- Αρνητικός (-)

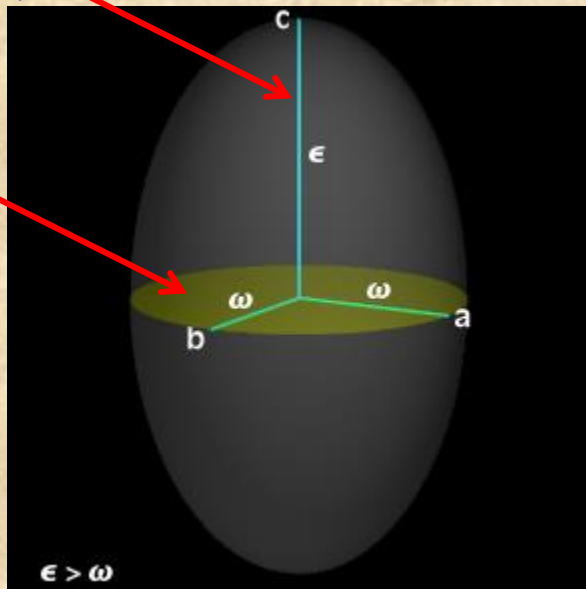
Μονάξονες κρύσταλλοι

$$a = b \neq c$$

(Τριγωνικό, Τετραγωνικό, Εξαγωνικό)

O.A//c//L3,L4,L6

Οπτικός άξονας
(O.A)

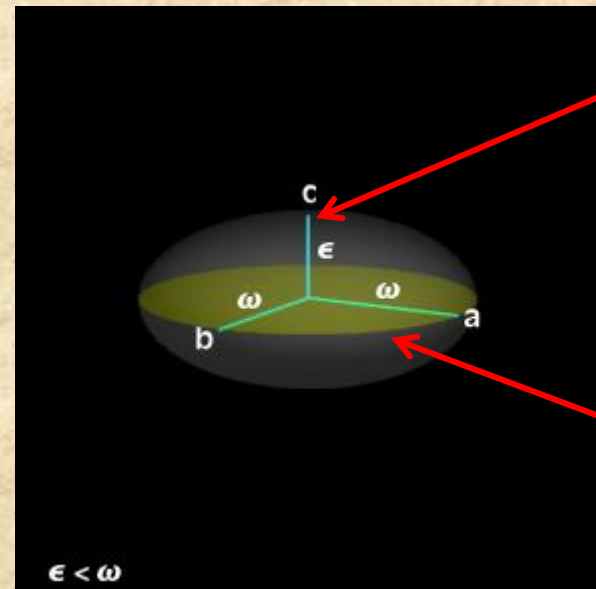


Τομή
κάθετη
στον O.A.

Αν $\epsilon > \omega$ τότε ο κρύσταλλος
ονομάζεται (ελλειψοειδές
επιμηκυμένο):

Μονάξονας θετικός (+)

Οπτικός
άξονας



Τομή
κάθετη
στον O.A.

Αν $\epsilon < \omega$ τότε ο κρύσταλλος
ονομάζεται (ελλειψοειδές
πελατυμένο):

Μονάξονας αρνητικός (-)

Διάξονες κρύσταλλοι $\alpha < \beta < \gamma$

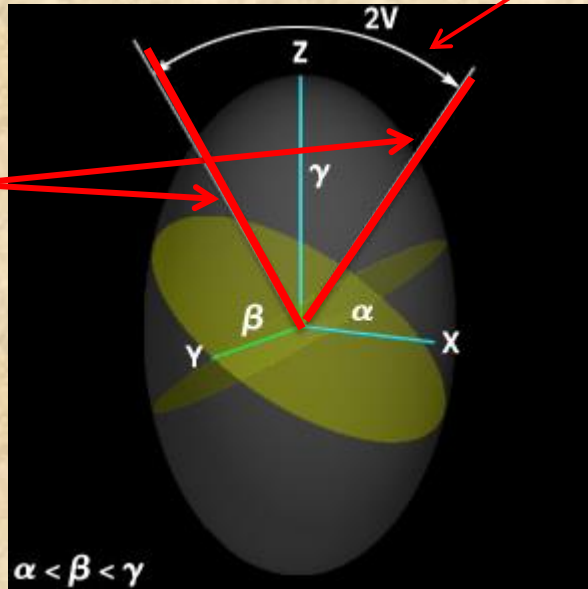
(Ρομβικό, Μονοκλινές, Τρικλινές)

Στους διάξονες κρυστάλλους έχουμε 3 δ.δ.:

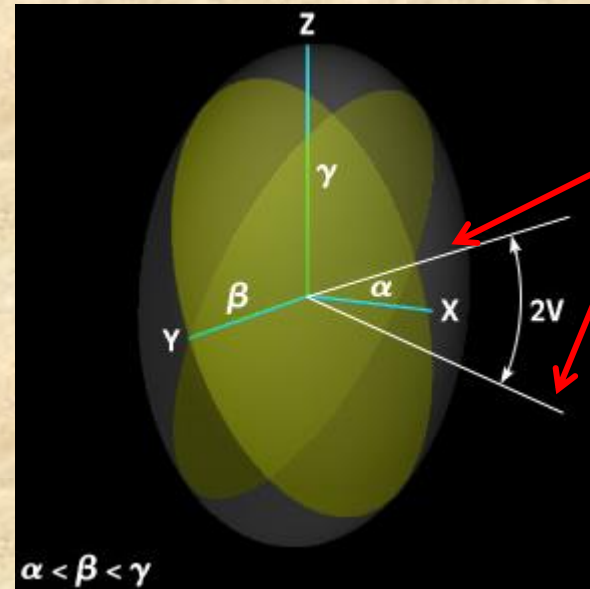
- ο α (μικρός δ.δ.)
- ο β (μεσαίος δ.δ.)
- ο γ (μεγάλος δ.δ.)

Γωνία $2V$
οπτικών
αξόνων

Οπτικοί
άξονες



Οπτικοί
άξονες



Αν η τιμή του β είναι κοντά στην τιμή του α (οξεία διχοτόμος της γωνίας $2V$ είναι ο μεγάλος δείκτης διάθλασης) τότε ο κρύσταλλος ονομάζεται:

Διάξονας θετικός (+)

Αν η τιμή του β είναι κοντά στην τιμή του γ (οξεία διχοτόμος της γωνίας $2V$ είναι ο μικρός δείκτης διάθλασης) τότε ο κρύσταλλος ονομάζεται:

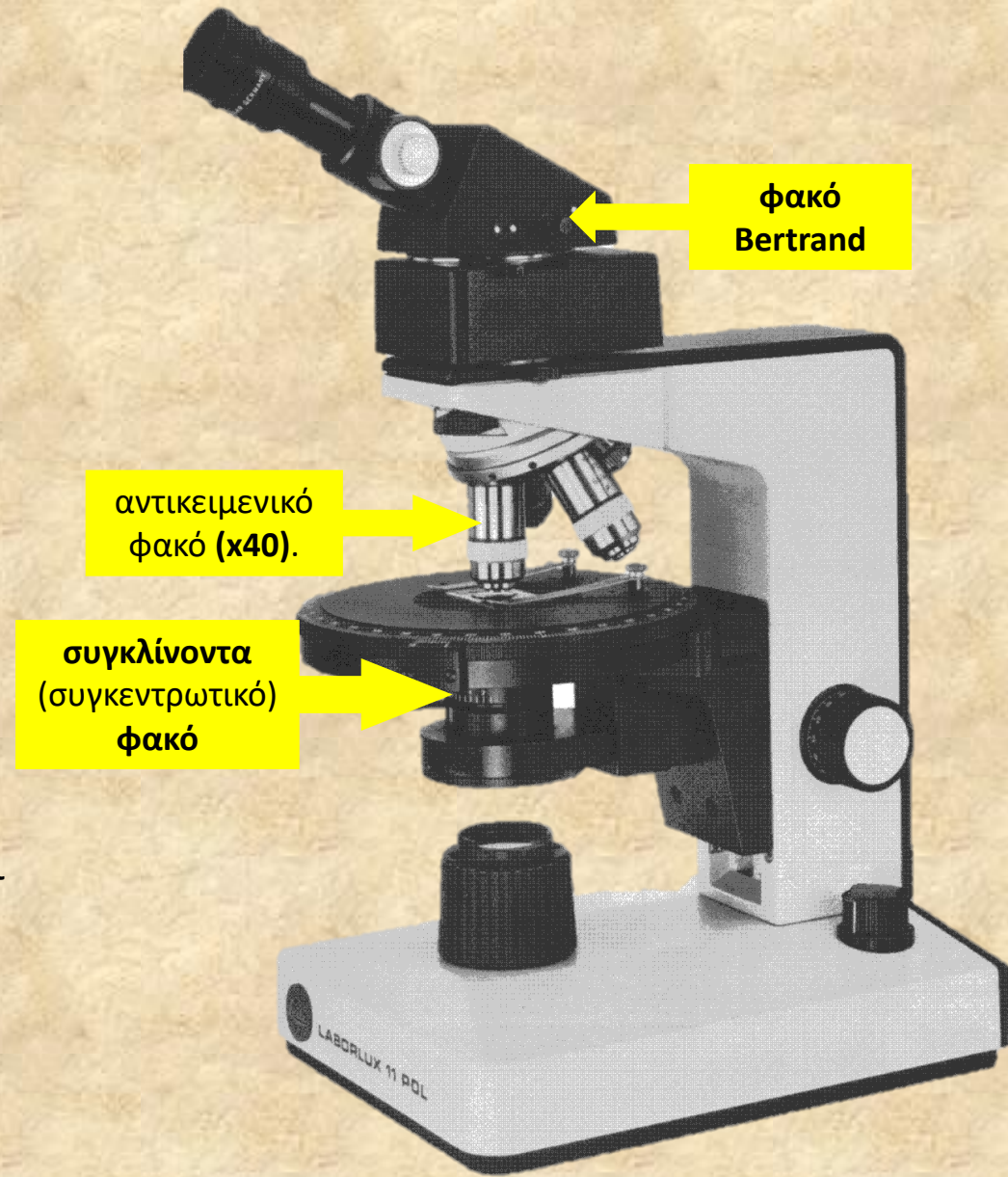
Διάξονας αρνητικός (-)

ΚΩΝΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Με πολωτή και αναλυτή
Nicols X

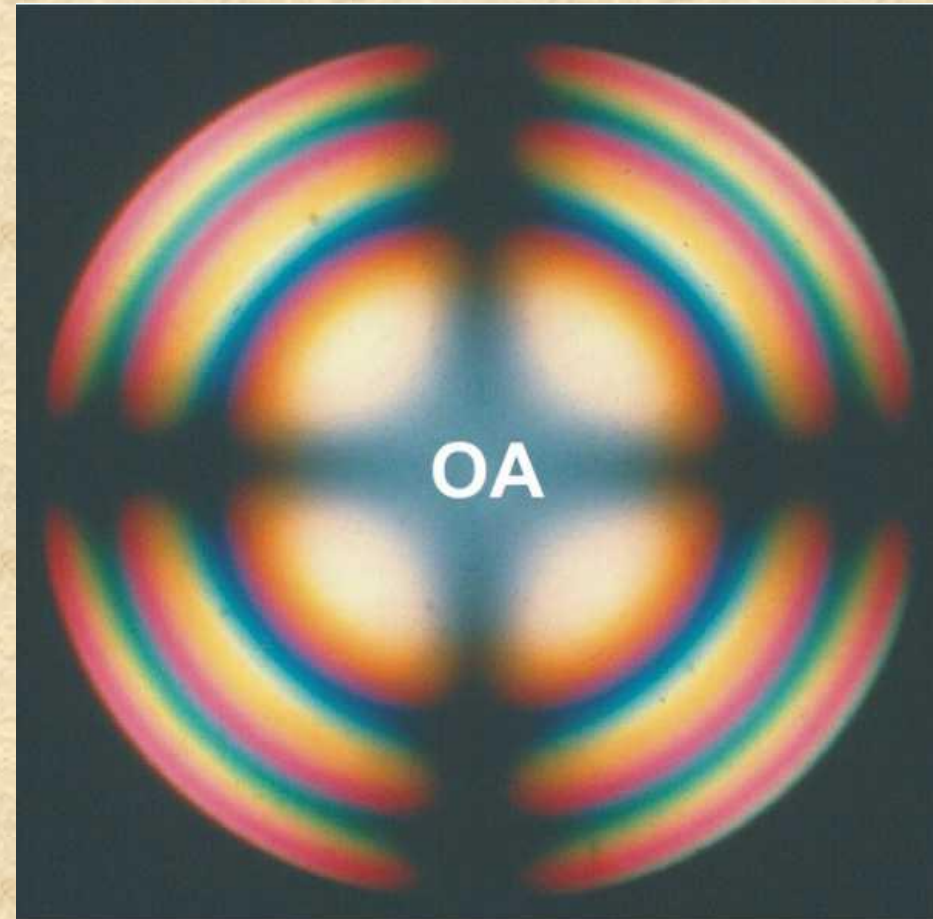
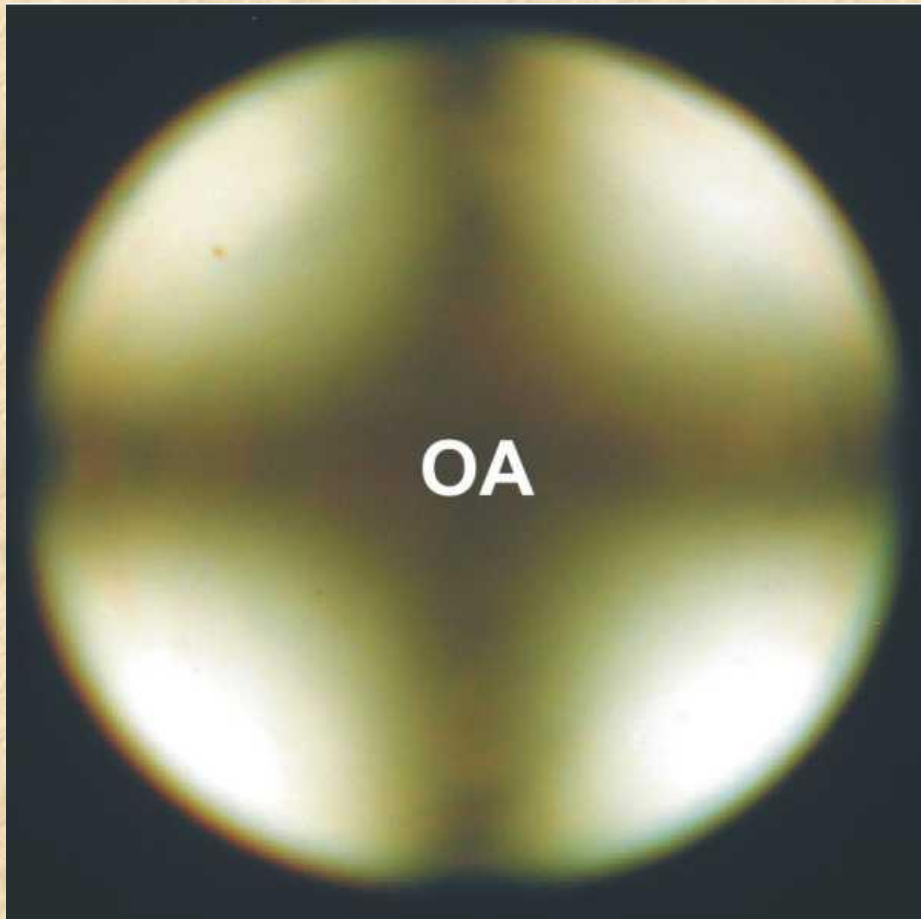
Η διαδικασία που ακολουθούμε είναι η εξής:

- Με **πολωτή και αναλυτή**, εντοπίζουμε μια τομή ορυκτού **κάθετη ή περίπου κάθετη σε οπτικό άξονα**. Η τομή αυτή εμφανίζει **διαρκή κατάσβεση ή πολύ χαμηλά γκρίζα χρώματα πόλωσης**.
- Βάζουμε τον αντικειμενικό φακό με τη **μεγαλύτερη μεγέθυνση (x40)**.
- Βάζουμε το **συγκλίνοντα (συγκεντρωτικό) φακό** που βρίσκεται κάτω από τη τράπεζα του μικροσκοπίου και μετατρέπει τη φωτεινή δέσμη από παράλληλη σε κωνική.
- Βάζουμε το **φακό Bertrand** που βρίσκεται στο σωλήνα του προσοφθάλμιου φακού.



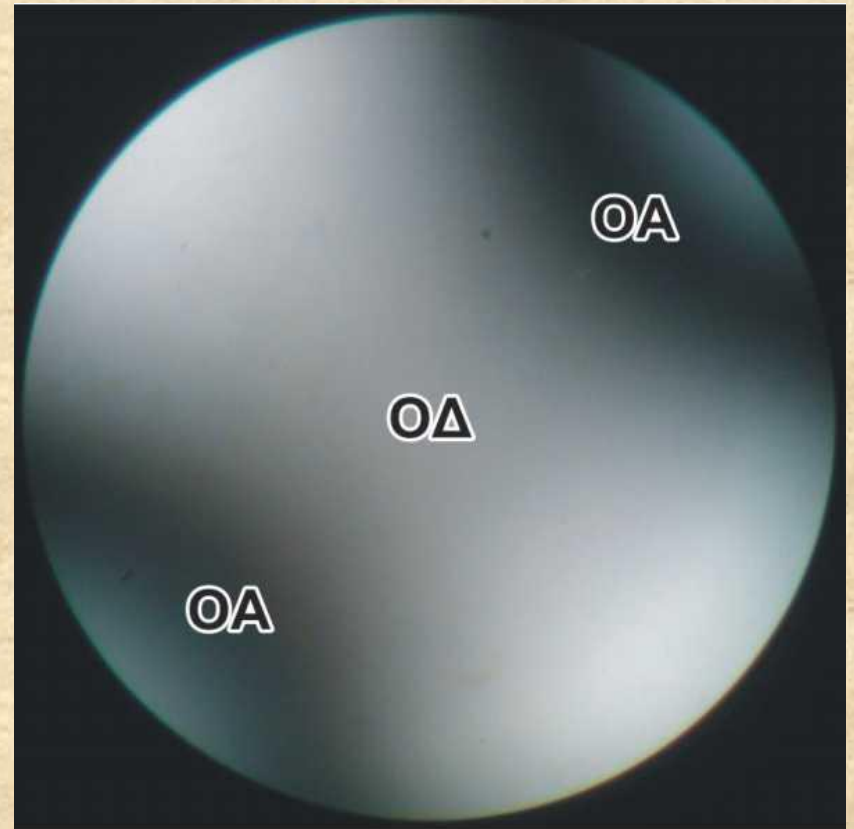
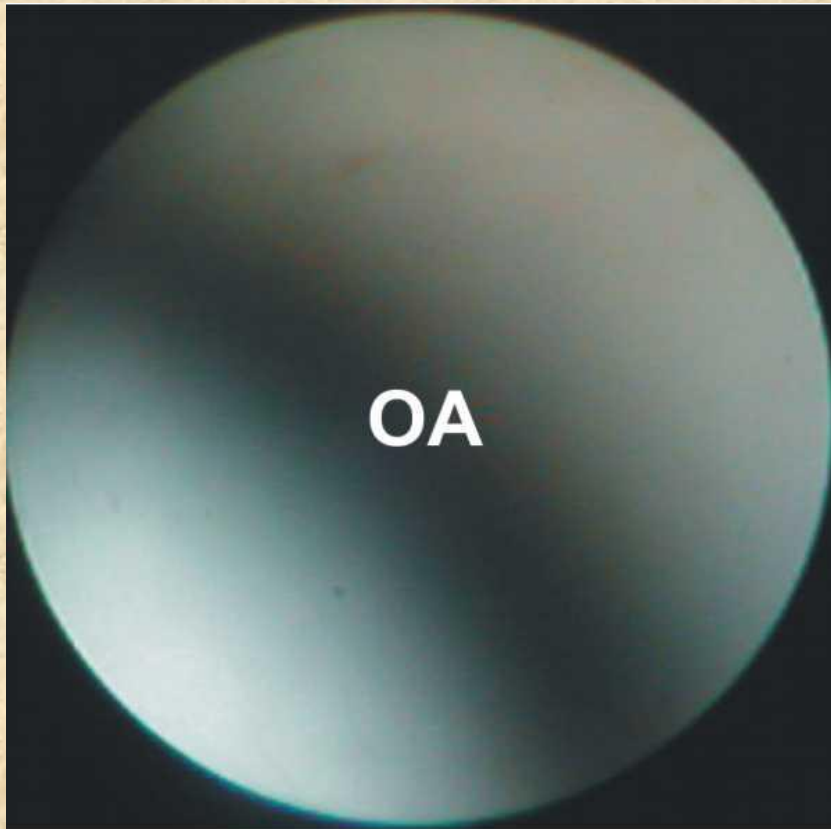
Μονάξονες

Η εικόνα που σχηματίζεται έχει τη μορφή **σταυρού**. Τα σκοτεινά σκέλη του σταυρού ονομάζονται ισόγυρες. Το κέντρο του αντιστοιχεί στο ίχνος του οπτικού άξονα (ΟΑ) και ονομάζεται μελάτοπος.



Διάξονες

Η εικόνα έχει τη μορφή μίας ή δύο καμπυλών.



Οπτικό σημείο

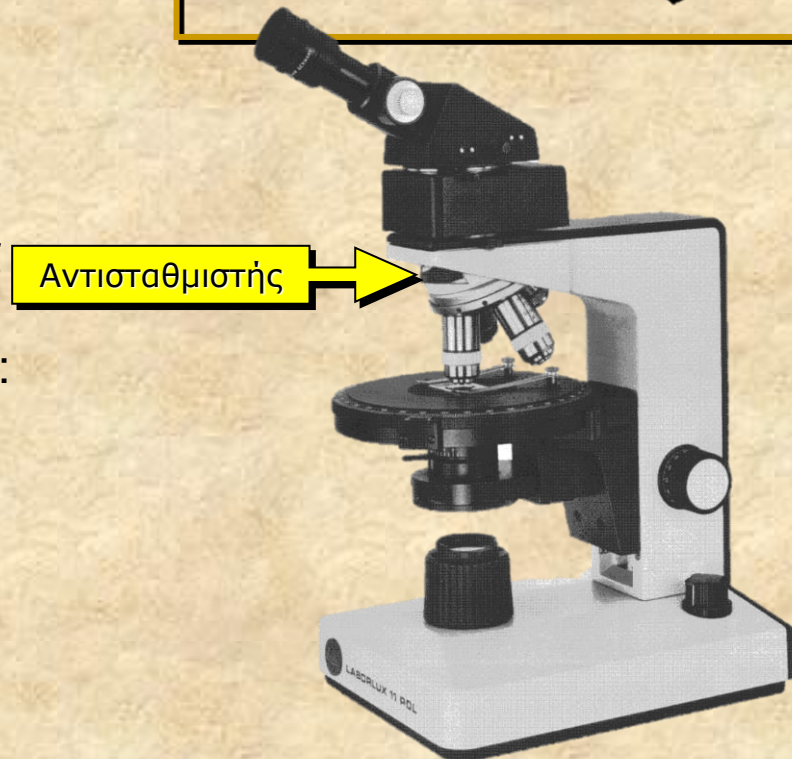
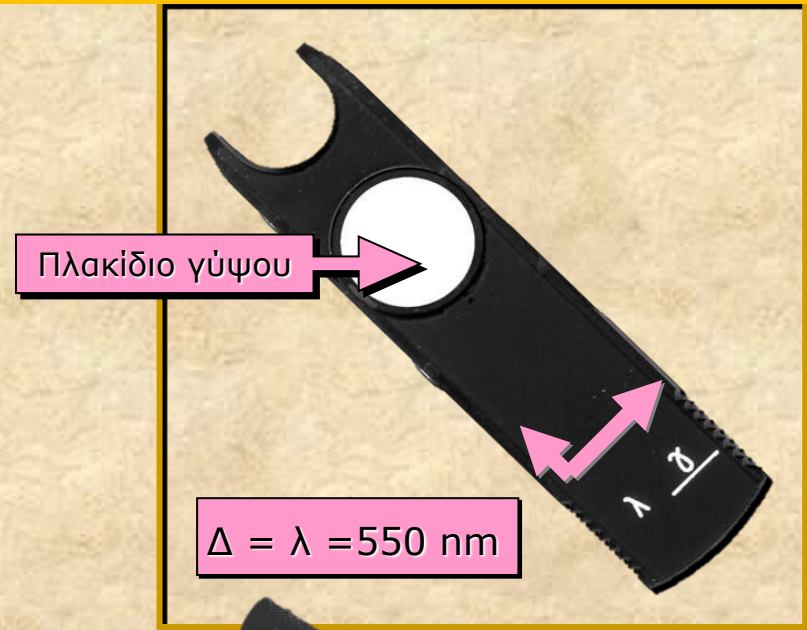
Λεπτές τομές κρυστάλλων, στερεωμένες σε διάτρητο μεταλλικό ή πλαστικό πλακίδιο ορθογώνιου σχήματος, που παρεμβάλλονται μεταξύ του πολωτή και του αναλυτή σε **γωνία 45° ως προς τα επίπεδα κράδανσής τους.**

Έχουν **χαραγμένη πάνω τους τη διεύθυνση κράδανσης του μεγάλου δείκτη διάθλασης.**

Εισάγουν άλλοι μεταβλητή διαφορά πορείας και άλλοι σταθερή (όπως ο αντισταθμιστής γύψου, οποίος εισάγει διαφορά πορείας $\lambda=550\text{nm}$, παράγοντας το ερυθρό χρώμα 1^{ης} τάξης).

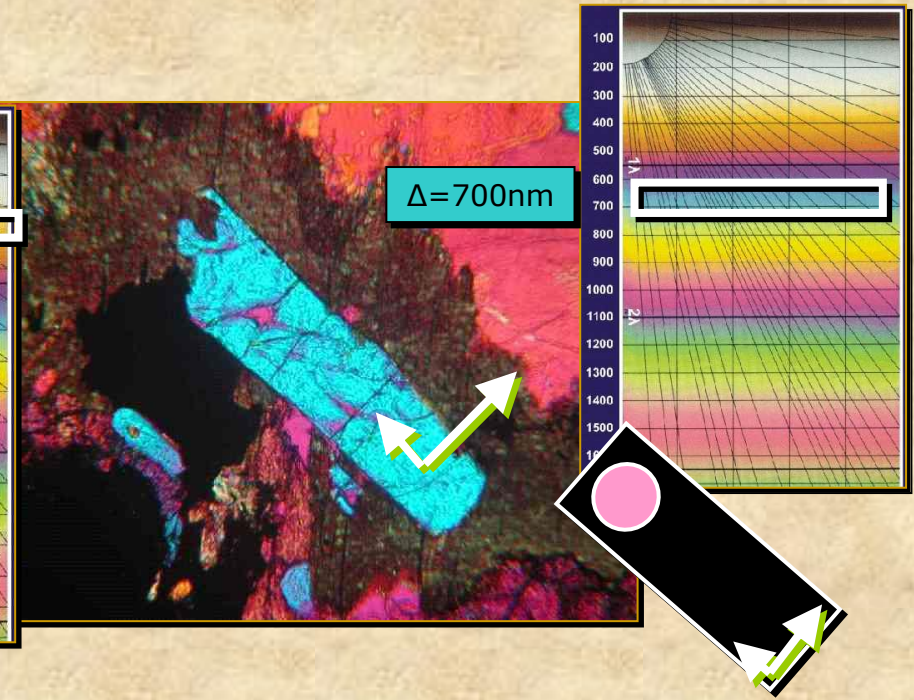
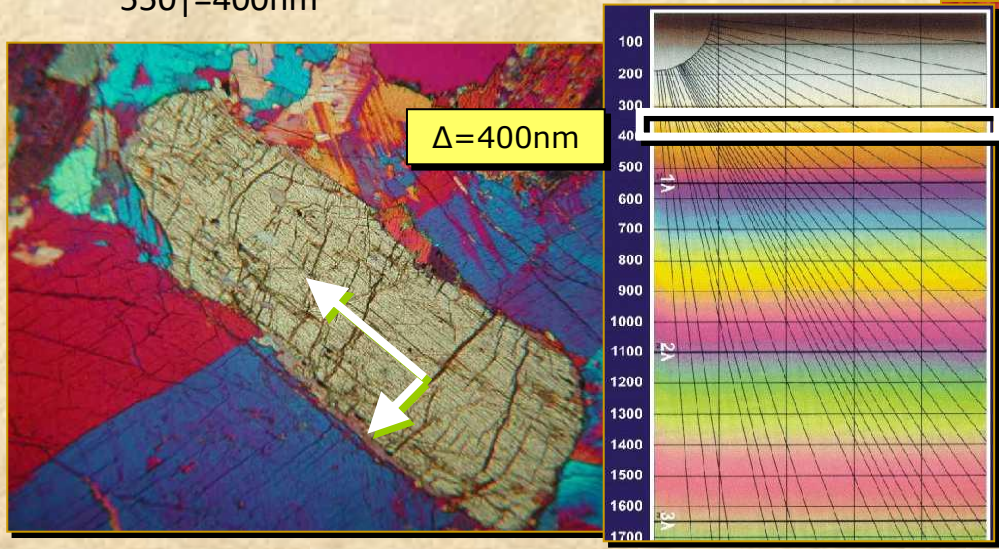
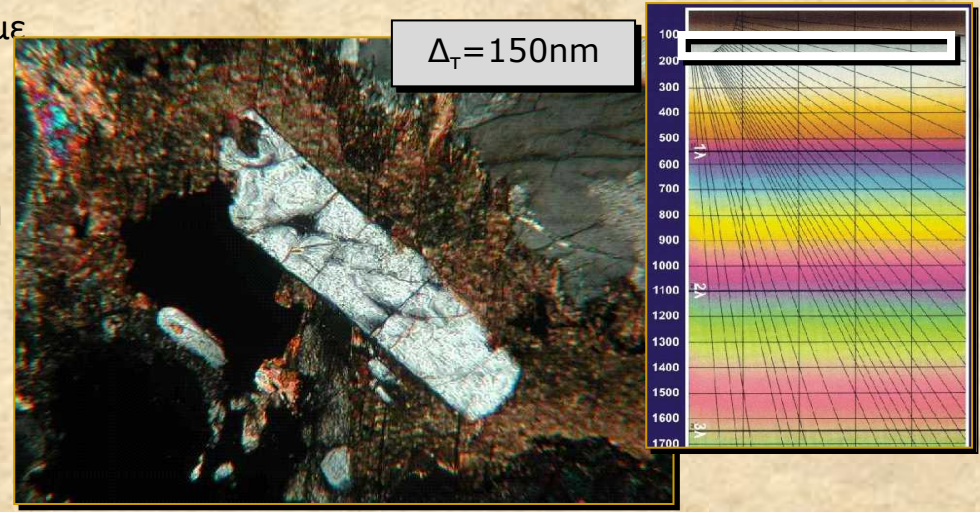
Με τους αντισταθμιστές προσδιορίζονται:

- οι θέσεις των αξόνων ελαστικότητας της τομής, δηλ. ο μεγάλος δ και ο μικρός.
- η τάξη των χρωμάτων πόλωσης
- η επιμήκυνση

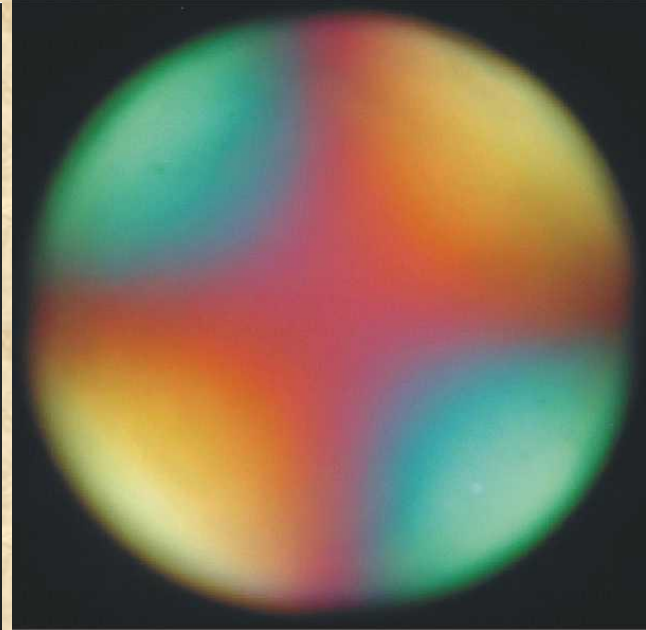
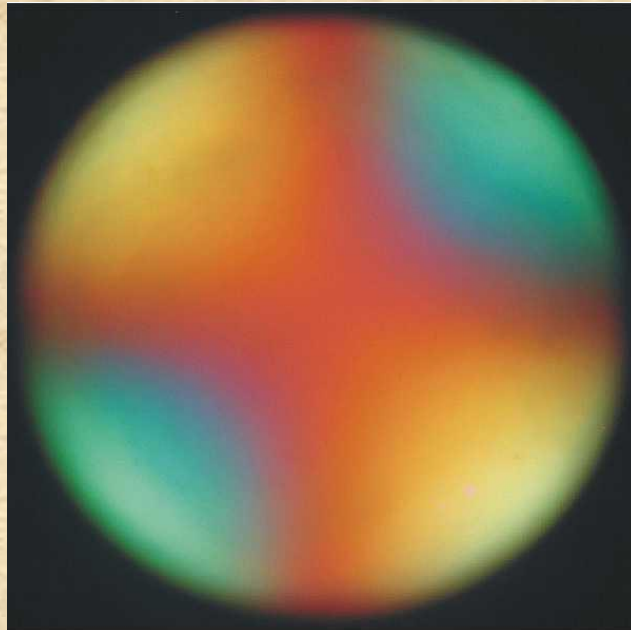
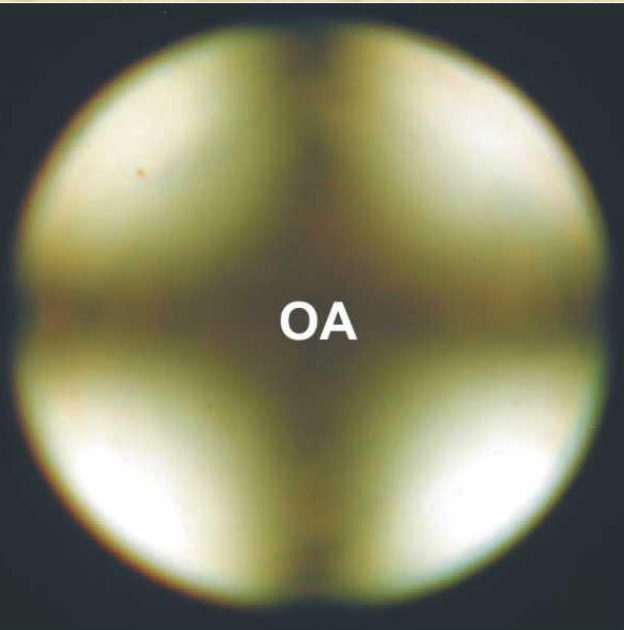


Προσδιορισμός δεικτών δ.δ. με τη βοήθεια του αντισταθμιστή

1. Στρέφουμε τον κρύσταλλο σε θέση κατάσβεσης.
2. Στρέφουμε τον κρύσταλλο κατά 45° και παρατηρούμε χρώμα ... έστω $\Delta \sim 150 \text{ nm}$.
3. Παρεμβάλλουμε τον αντισταθμιστή και παρατηρούμε χρώμα 750 nm .
4. ..άρα Μικρός δδ τομής//με μικρό δδ αντισταθμιστή και Μεγάλος δδ τομής// με μεγάλο δδ αντισταθμιστή...άρα **Πρόσθεση** $\Delta_t + \Delta_a = 150 + 550 = 700 \text{ nm}$
5. Αν παρεμβάλλουμε τον αντισταθμιστή και παρατηρήσουμε χρώμα 400 nm
6. ...τότε Μεγάλος δδ τομής//με μικρό δδ αντισταθμιστή και Μικρός δδ τομής //με μεγάλο δδ αντισταθμιστή άρα **Αφαίρεση** $|\Delta_t - \Delta_a| = |150 - 550| = 400 \text{ nm}$



Μονάξονες

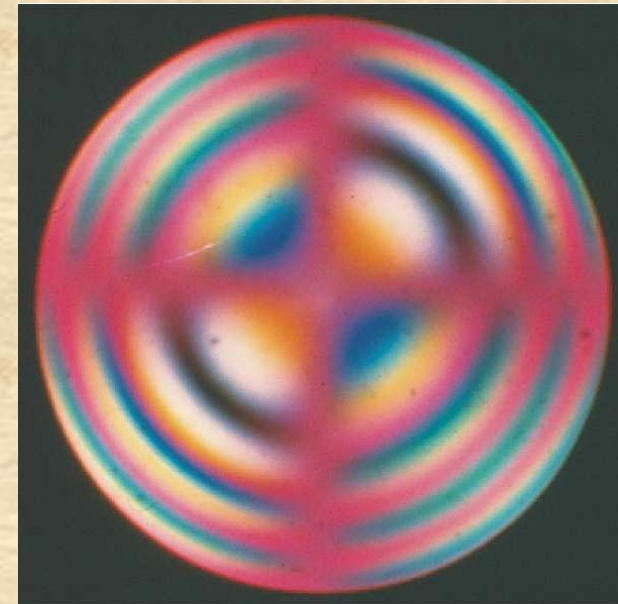
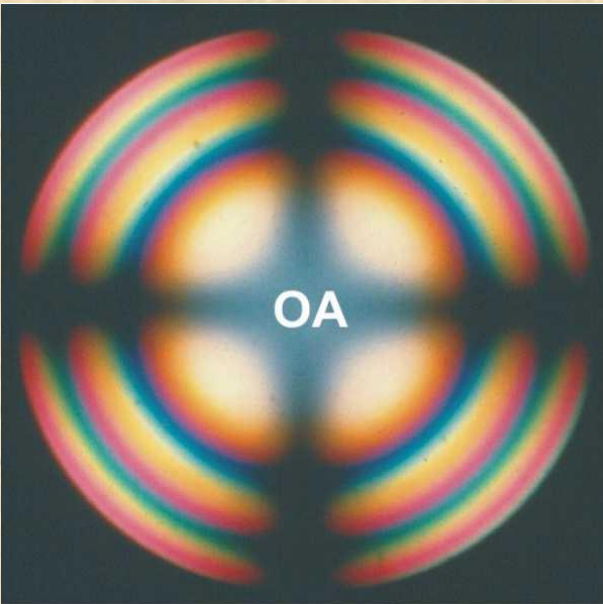


(+)



(-)

Μονάξονες

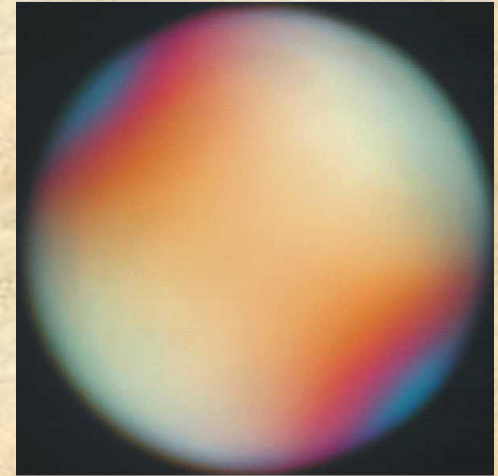
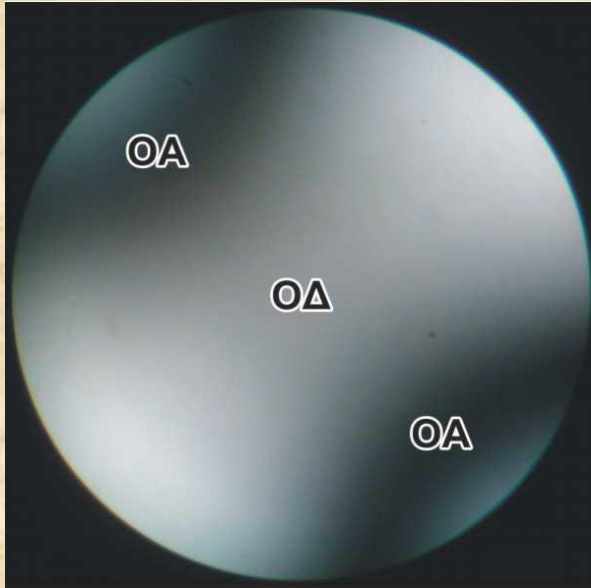


(+)



(-)

Διάξονες

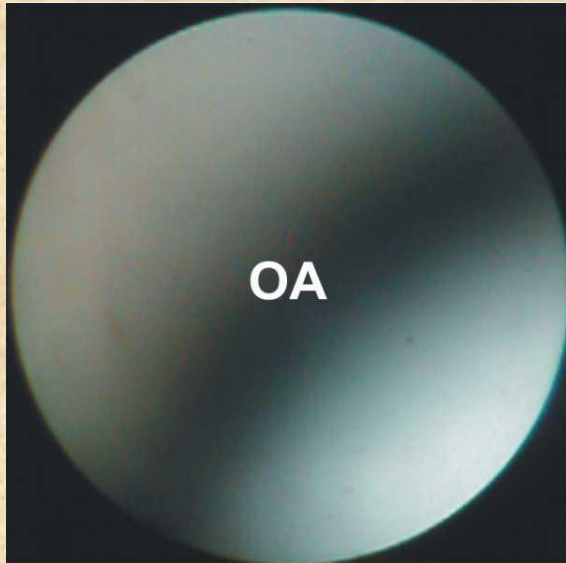


(+)



(-)

Διάξονες



(+)



(-)

Ευχαριστίες/Βιβλιογραφία

Ευχαριστούμε θερμά τους,

Τριαντάφυλλο Σολδάτο, Αναπλ. Καθηγητή ΑΠΘ

http://www.geo.auth.gr/212/biblio/preview/PO_ERGASTHRIAKES_SHMEIWSEIS_PREVIEW.pdf

Παναγιώτη Πομώνη, Καθηγητή ΕΚΠΑ

για την πολύτιμη βοήθειά τους συνεισφέροντας το υλικό
που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα παρουσίαση