



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Μικροτεκτονική - Τεκτονική Ανάλυση

Ενότητα 1: Κριτήρια διάτμησης

Στυλιανός Λόζιος

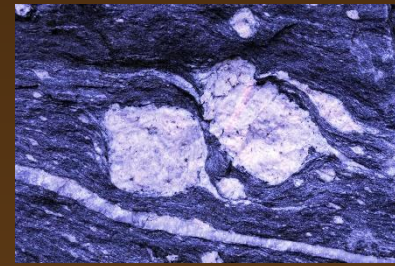
Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος



Παρουσίαση

6



Κριτήρια Διάτμησης

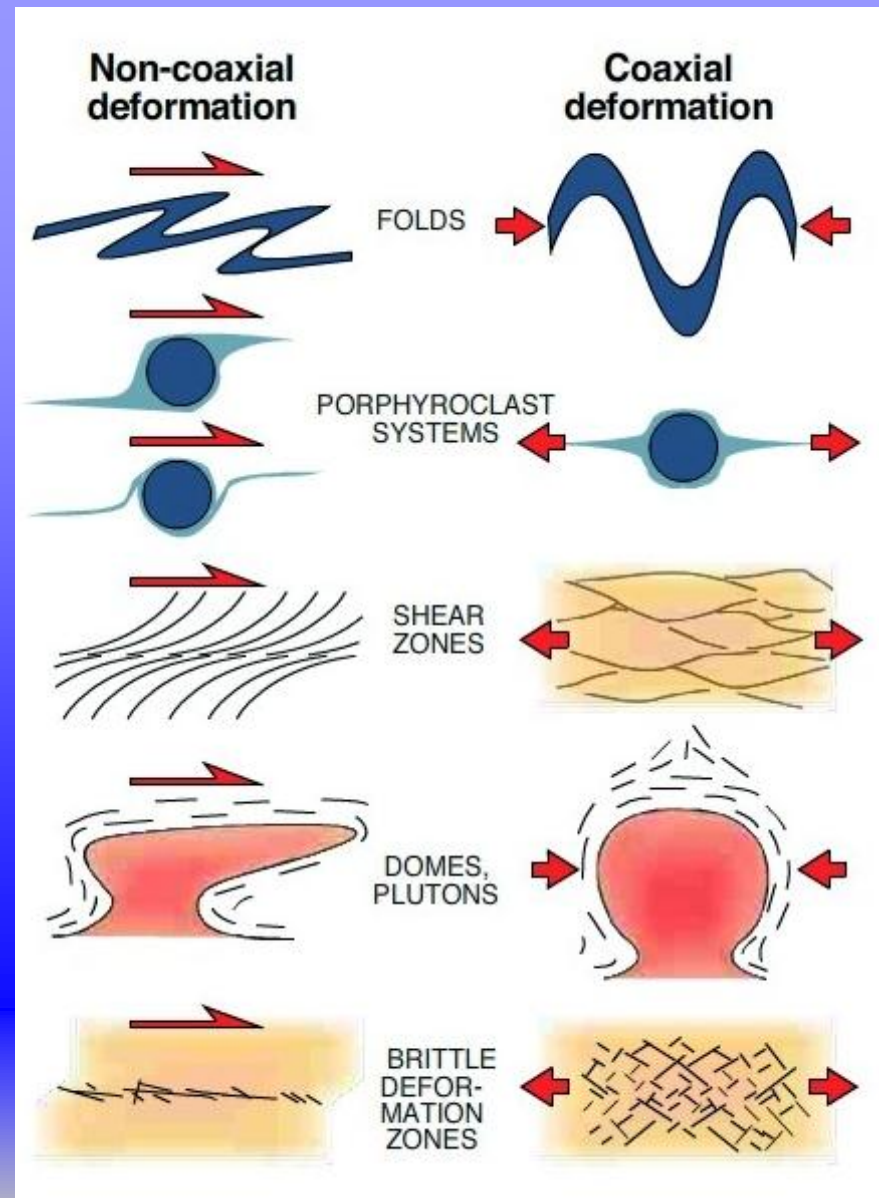
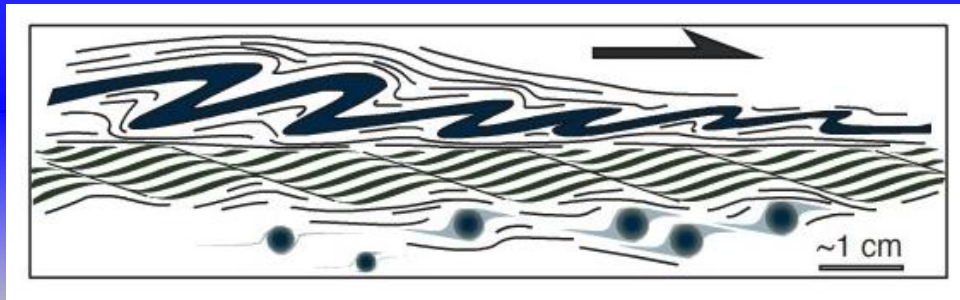
Shear Sense Criteria



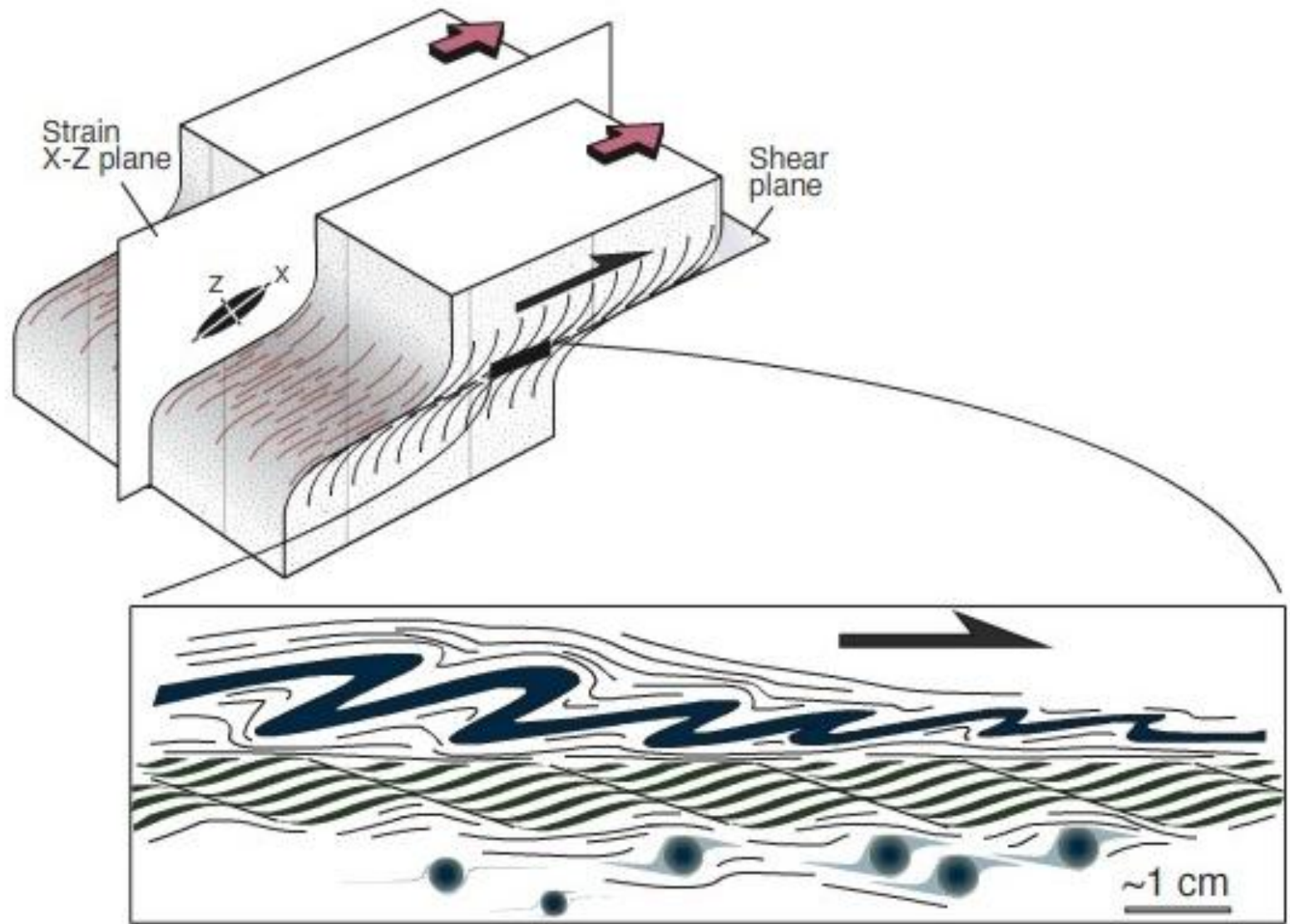
Shear Sense

&

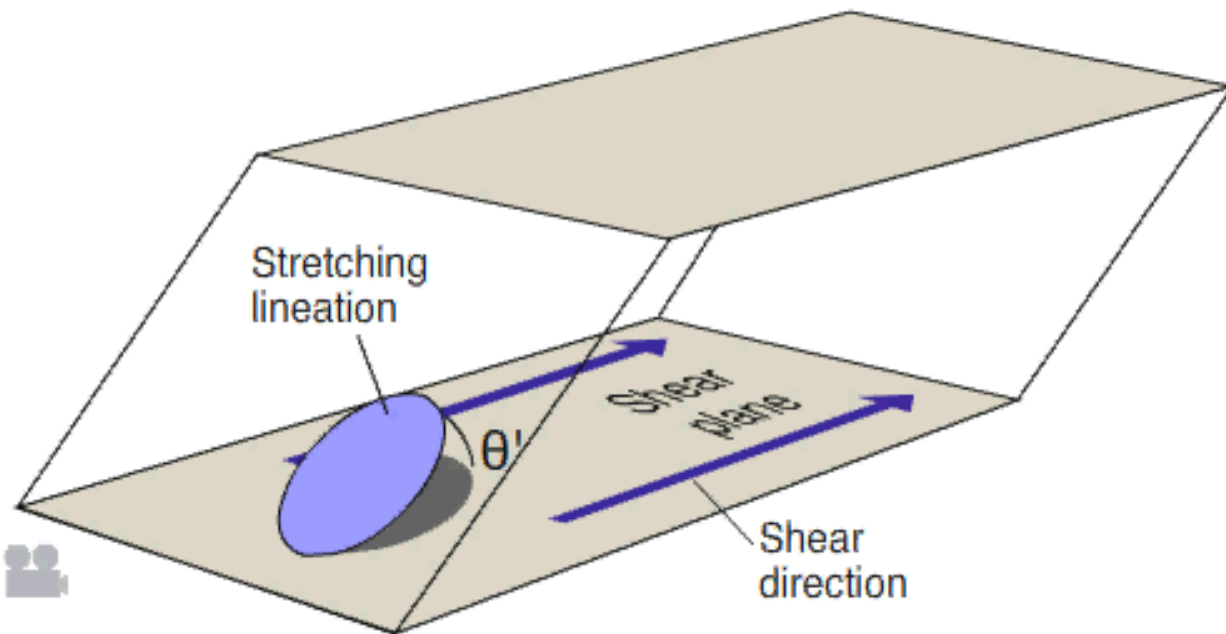
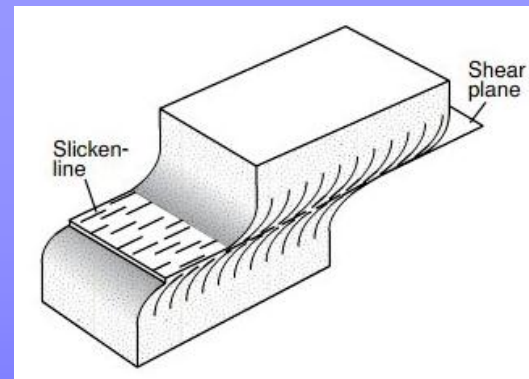
Kinematic Indicators



Προσανατολισμός
Τομών για
παρατήρηση
Κινηματικών
Δεικτών



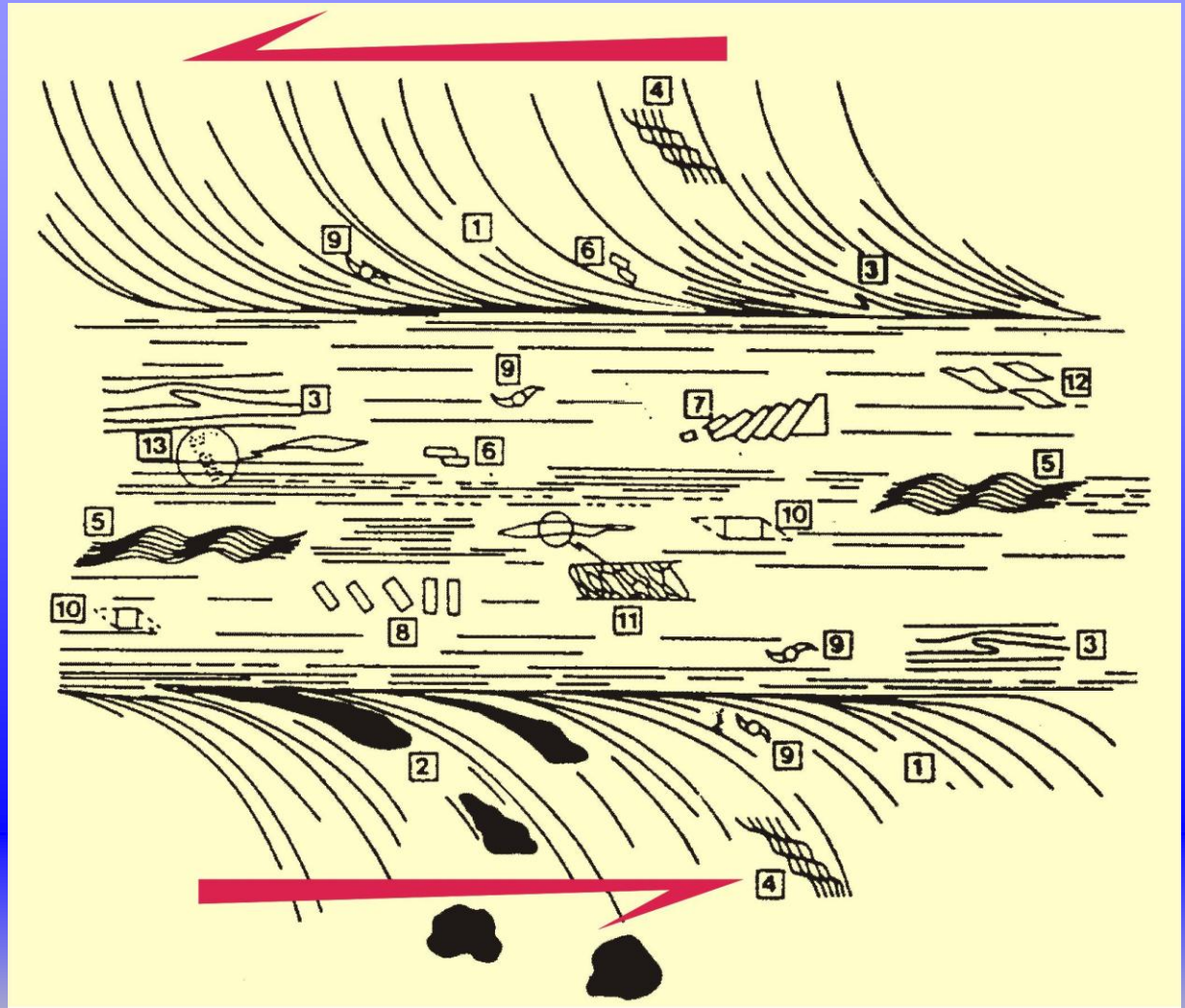
Stretching Lineation & Shear Direction



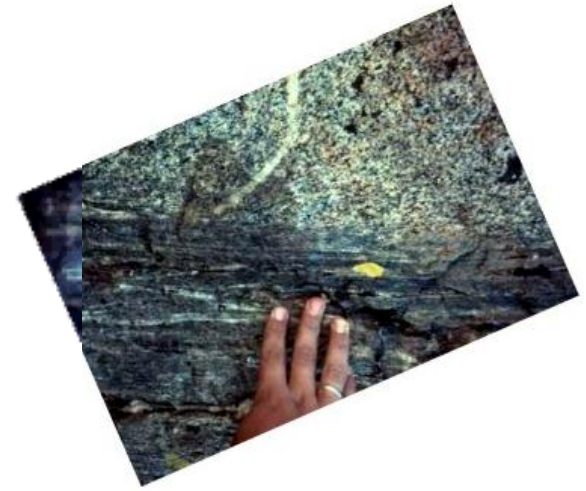
Shear Sense (Kinematic Indicators)

Ductile
Deformation

White et al. 1986



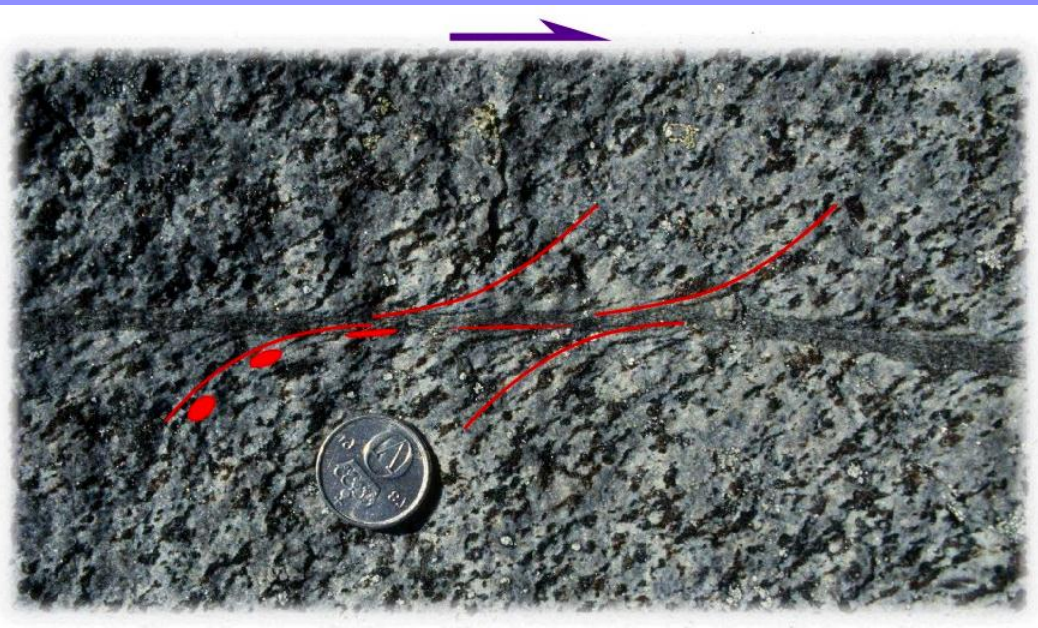
Shear Sense (Kinematic Indicators)



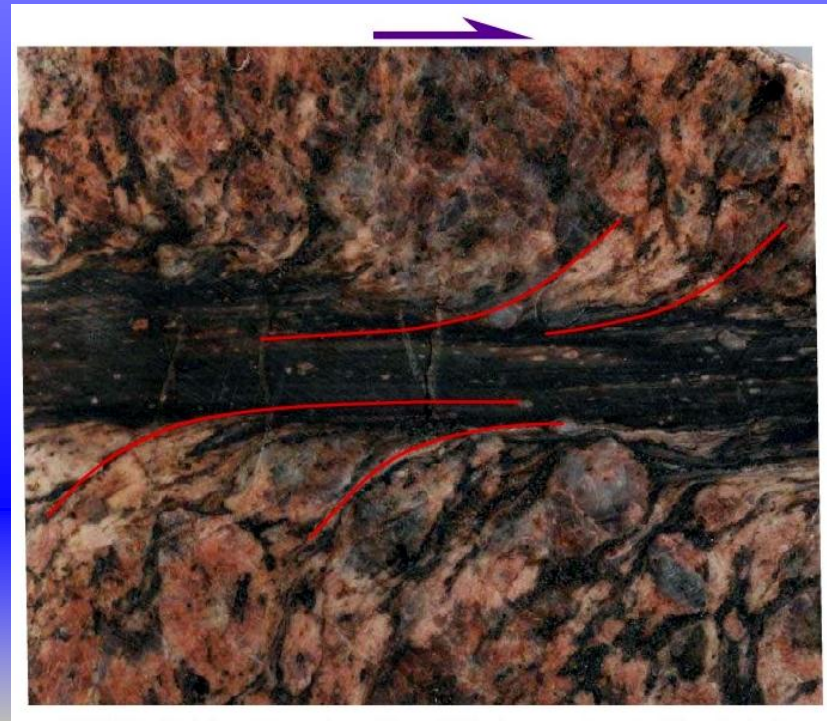
Preexisting Markers



Shear Sense (Kinematic Indicators)

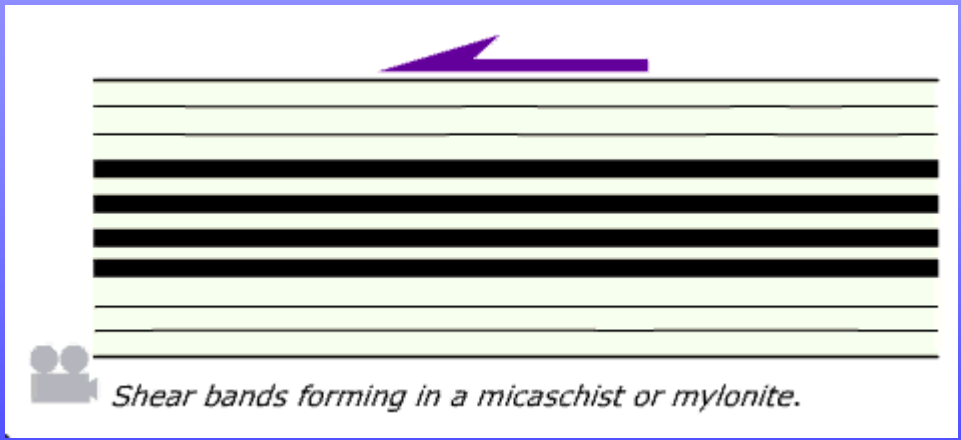


Foliation

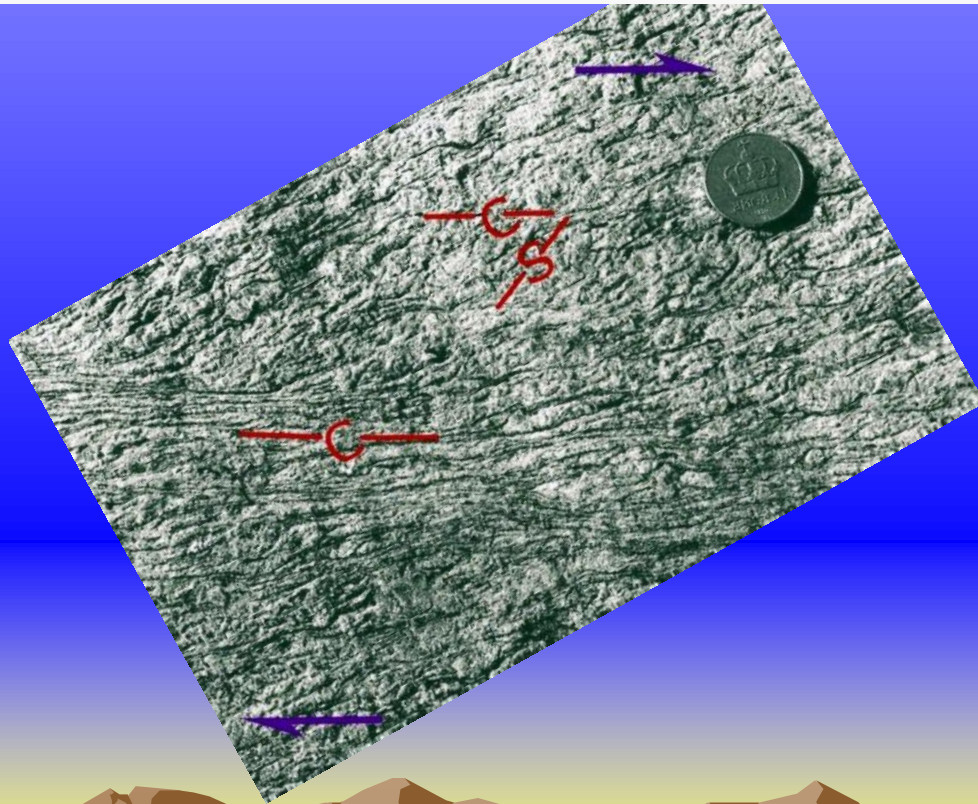
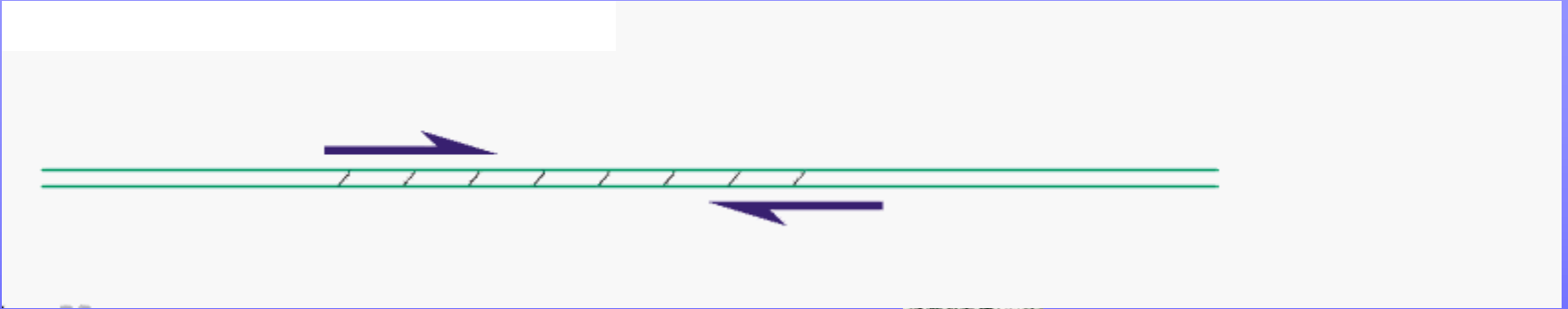


Shear Sense (Kinematic Indicators)

SC – Structures



Shear Sense (Kinematic Indicators)

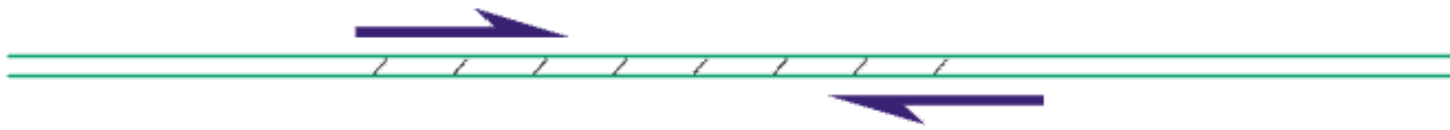


SC – Structures
(Igneous Rocks at
Low-Medium Strains)

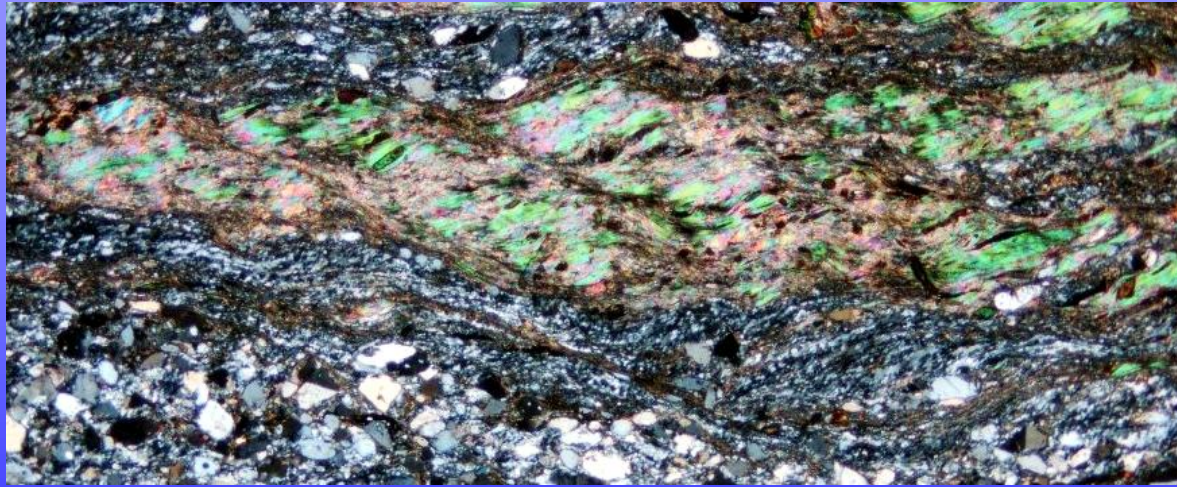


Shear Sense (Kinematic Indicators)

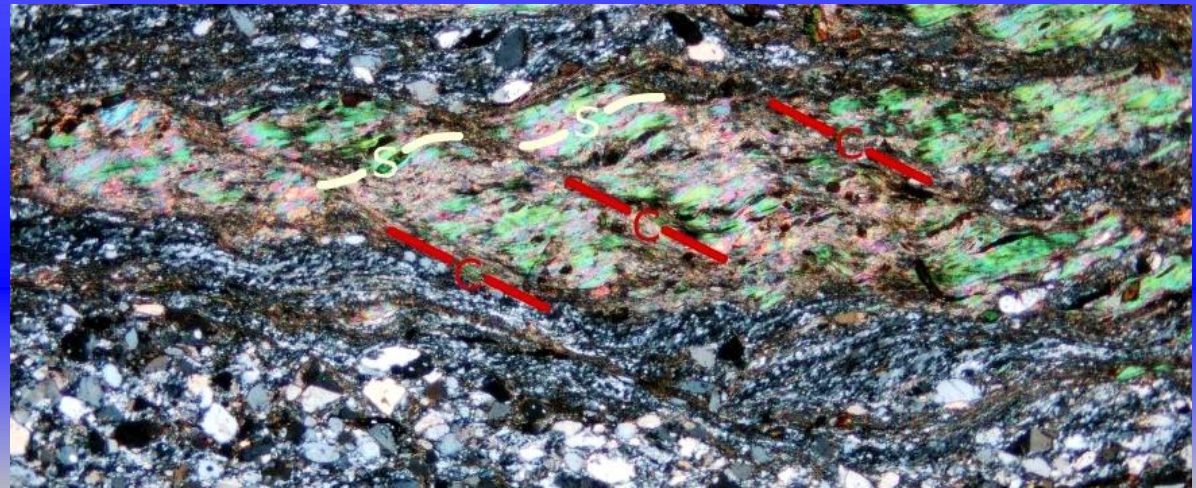
SC → SC' – Structures
(Igneous Rocks at High Strains)



Shear Sense (Kinematic Indicators)



Shear Bands
(Micaceous Rocks)



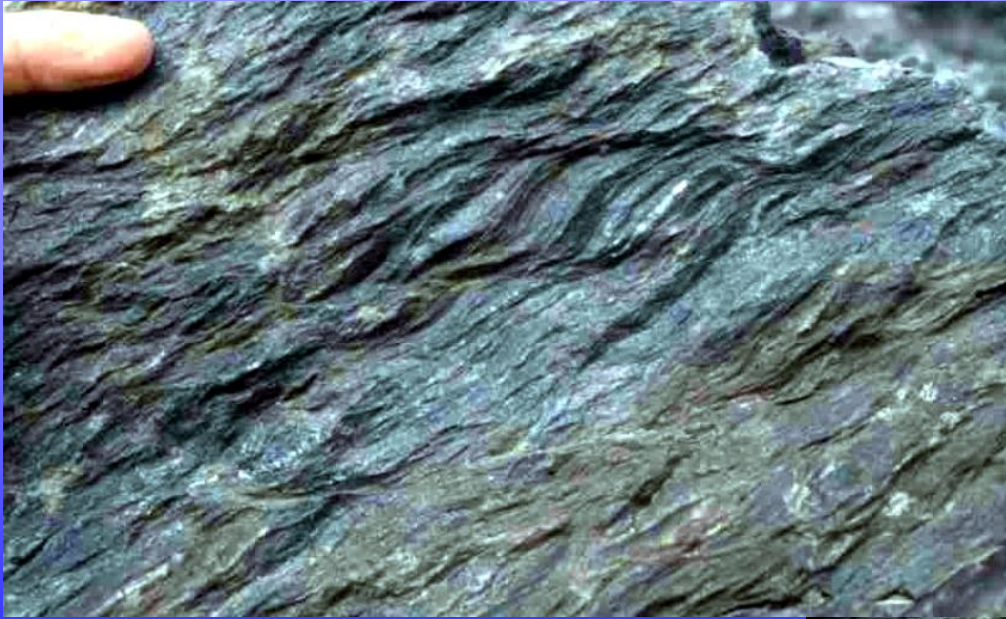
Shear Sense (Kinematic Indicators)



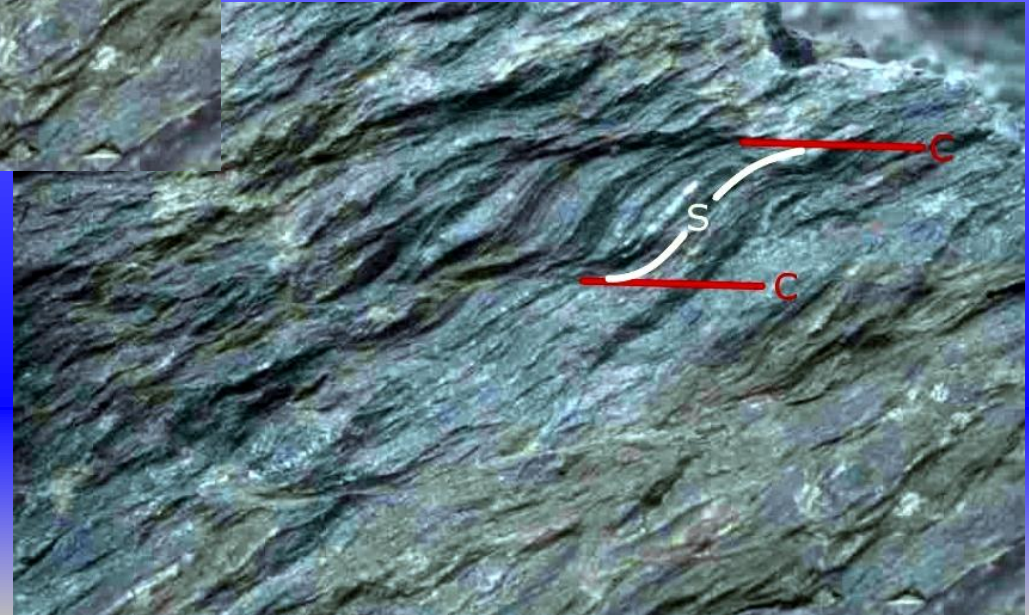
Shear Bands
(Micaceous Rocks)



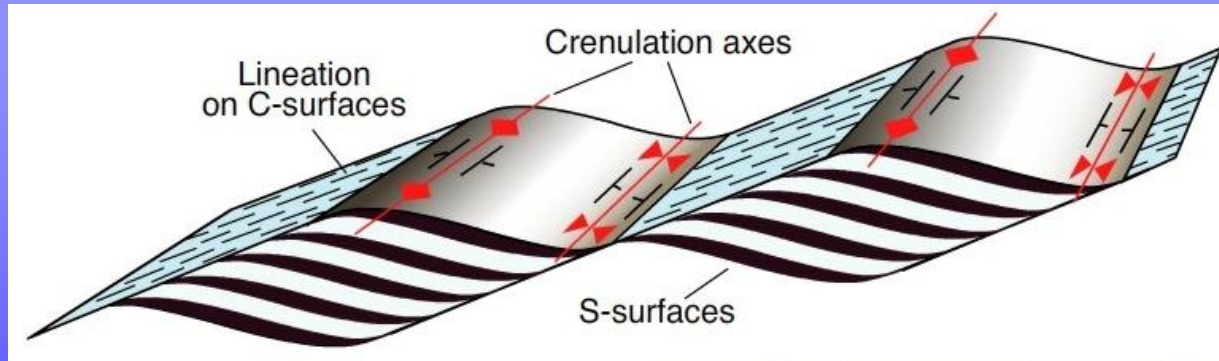
Shear Sense (Kinematic Indicators)



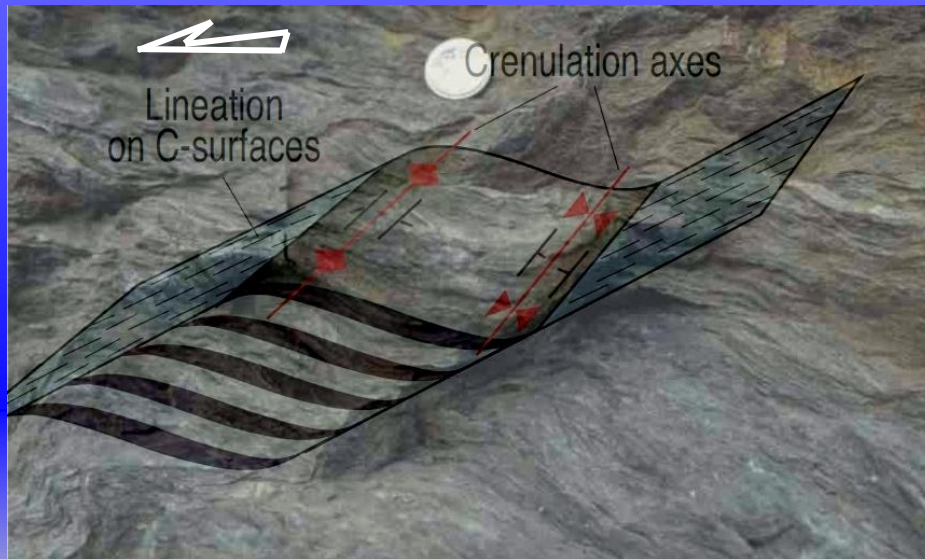
Shear Bands
(Micaceous Rocks)



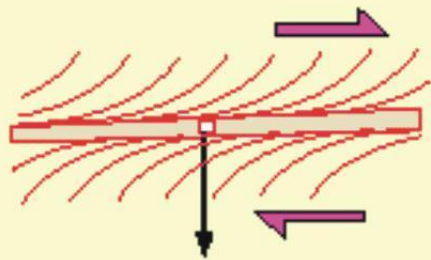
Shear Sense (Kinematic Indicators)



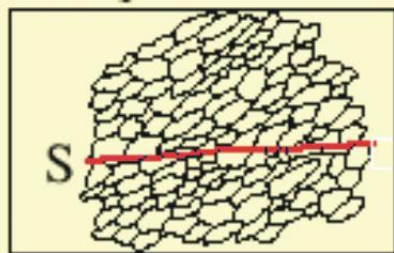
Shear Band Geometry



Shear Sense (Kinematic Indicators)



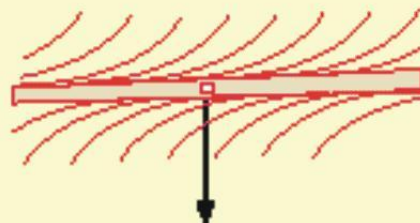
oblique foliation



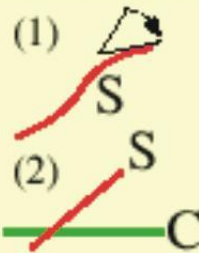
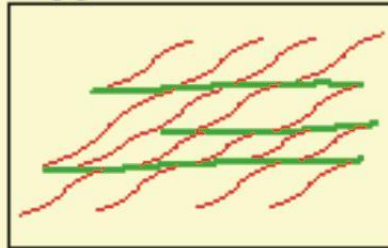
oblique foliation



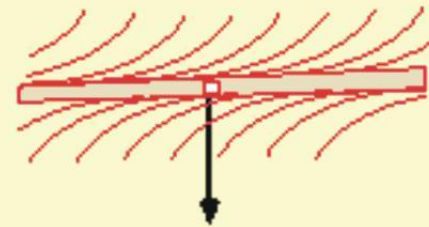
orientation of
shear zone boundary



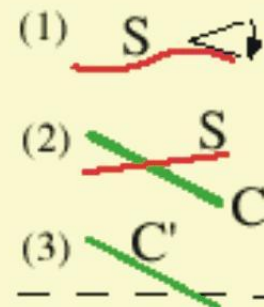
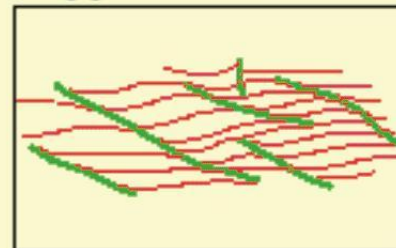
C-type shear bands



orientation of
shear zone boundary



C'-type shear bands

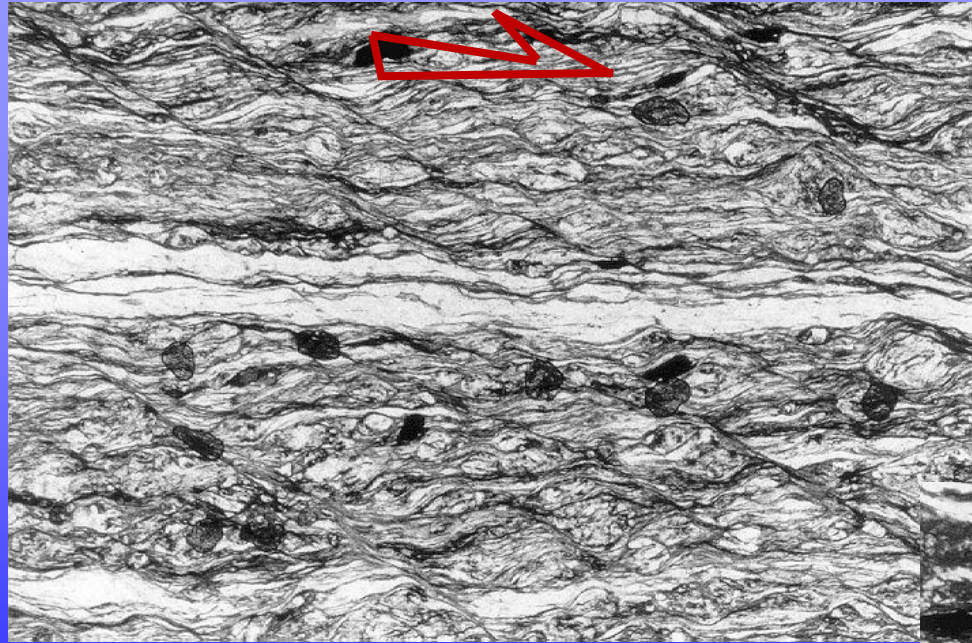


orientation of
shear zone boundary

S/C
fabrics

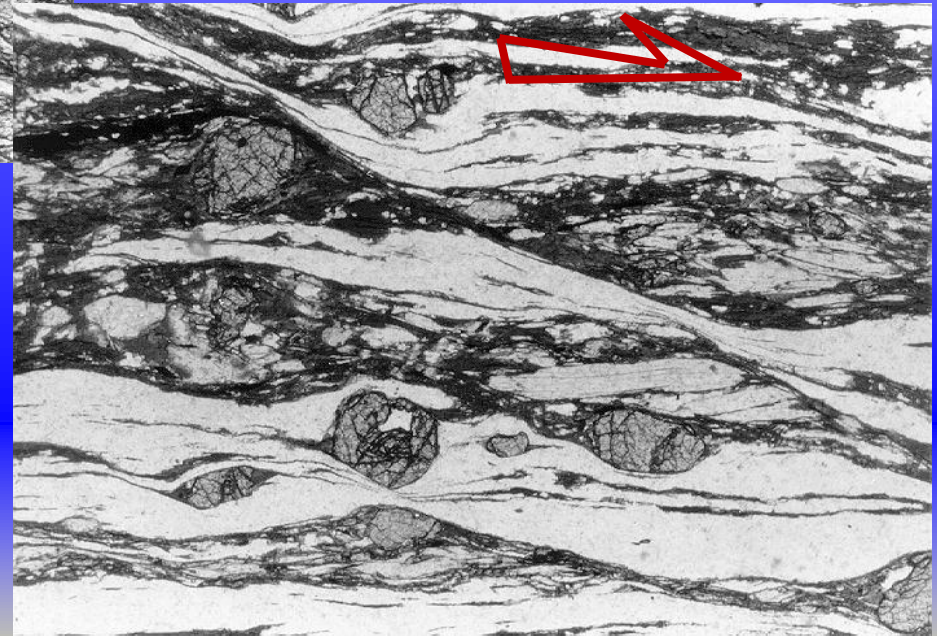


Shear Sense (Kinematic Indicators)



C'-type shear band cleavage

που τέμνει την κύρια φύλλωση σε μαρμαρυγικό σχιστόλιθο. Φορά της διάτμησης δεξιόστροφη.



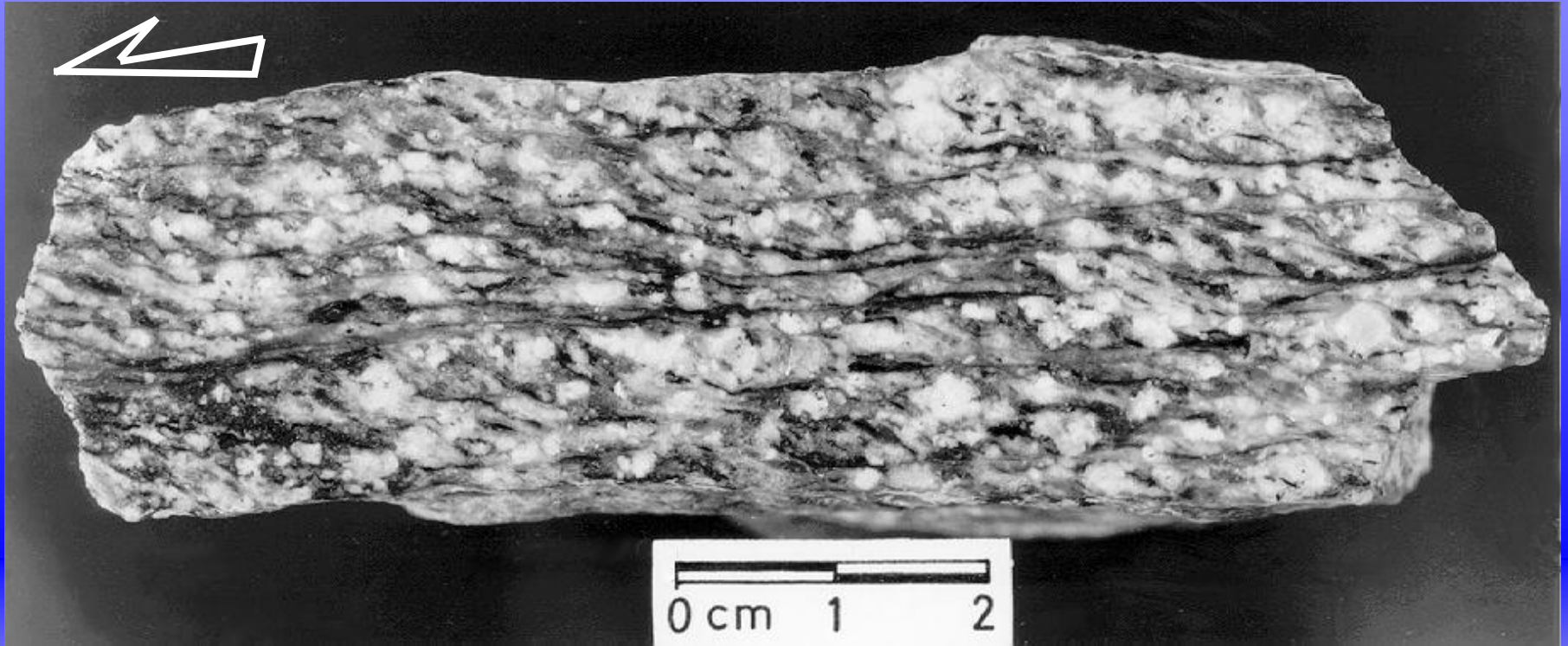
C'-type shear band cleavage

σε μυλονίτη δείχνει δεξιόστροφη φορά διάτμησης. Τομή κάθετη στη φύλλωση και παράλληλη στη γράμμωση έκτασης.

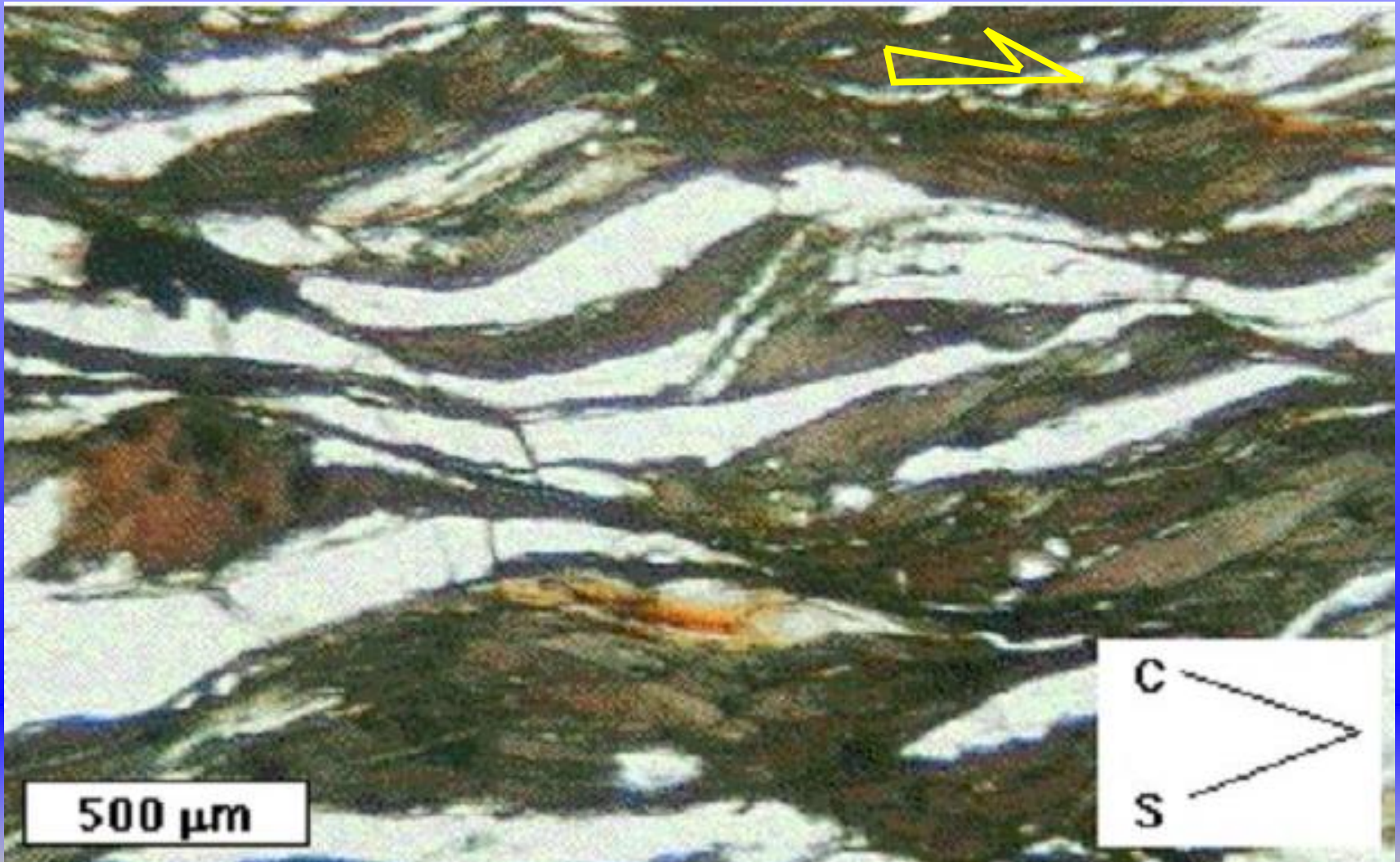


Shear Sense (Kinematic Indicators)

S/C δομές σε γρανίτη που δείχνουν αριστερόστροφη φορά διάτμησης.
Τομή κάθετη στη φύλλωση και παράλληλη στη γραμμωση έκτασης.



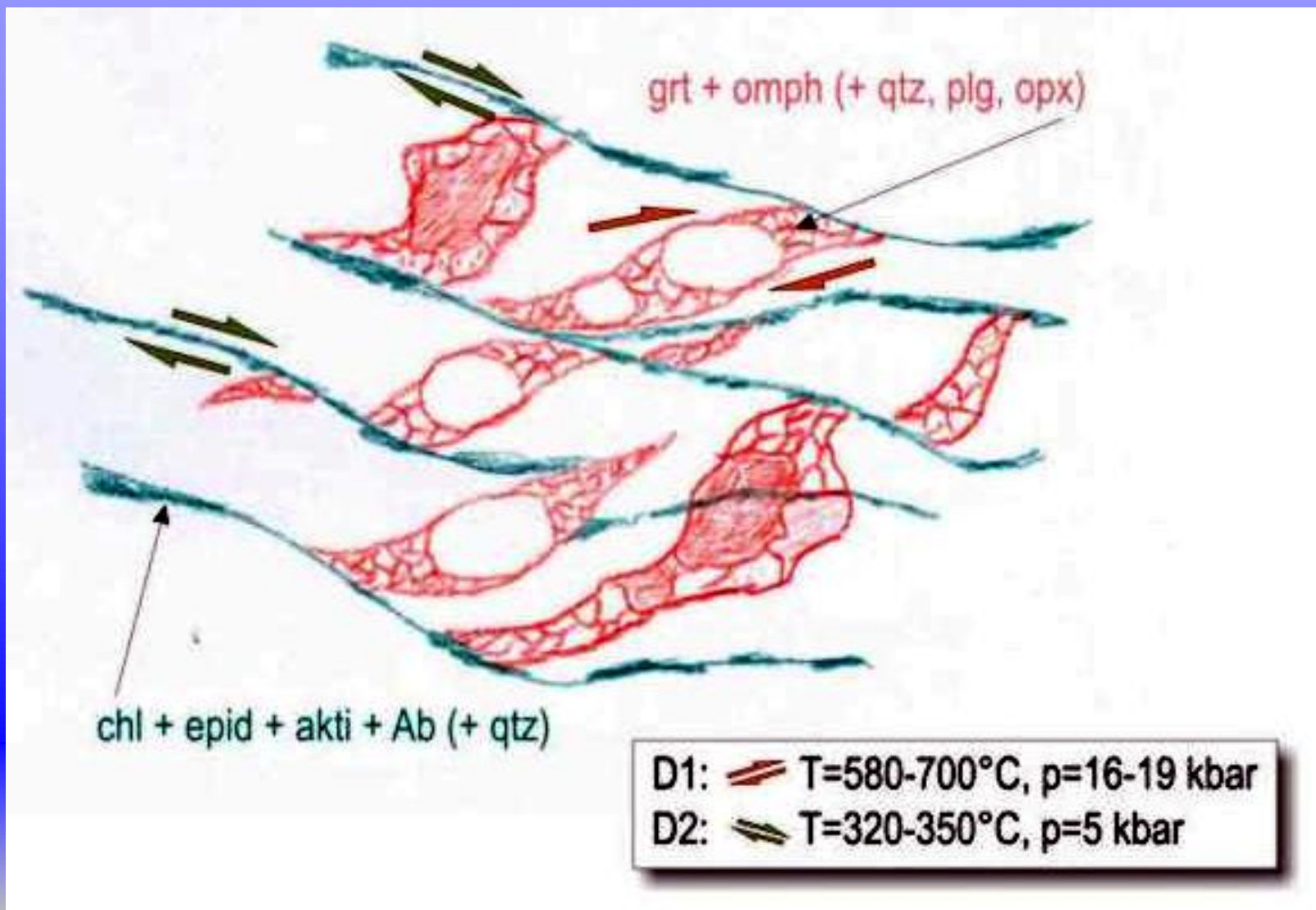
Shear Sense (Kinematic Indicators)



Shear Sense (Kinematic Indicators)



Shear Sense (Kinematic Indicators)



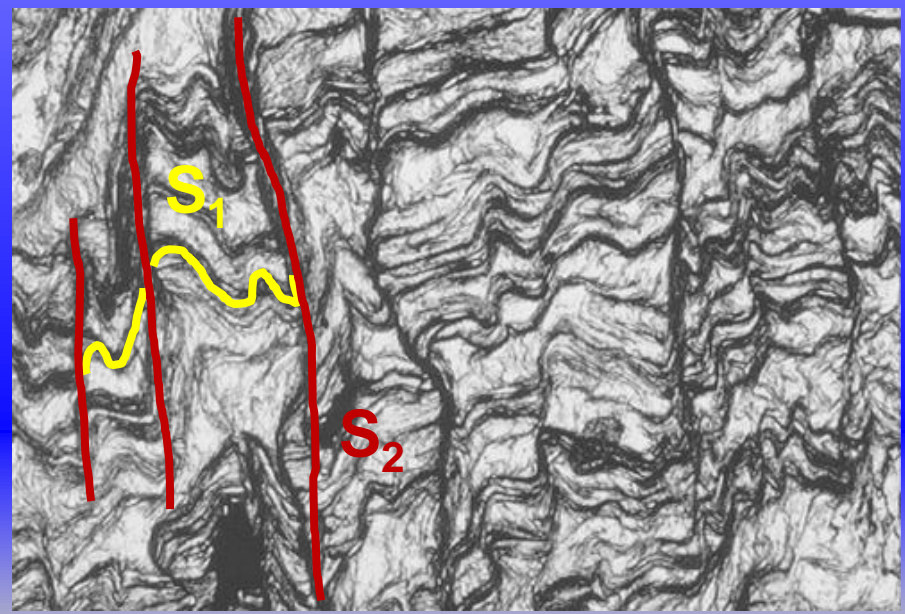
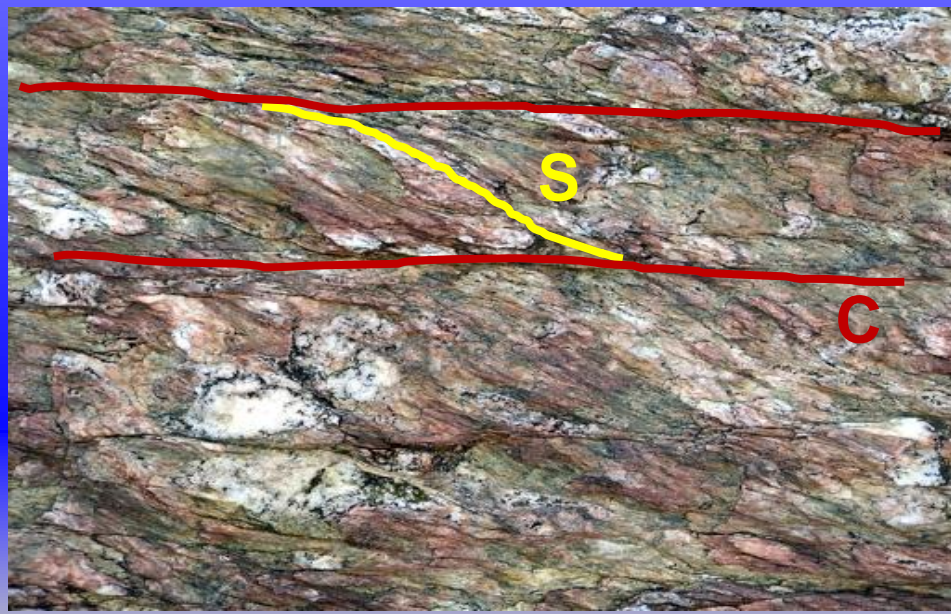
Μια μικρή παρένθεση

Extensional
Crenulation
Cleavages
(ECC structures)



Compressional
Crenulation
Cleavages
(CCC structures)

SC structures, Shear Bands, ECC



ECC versus CCC

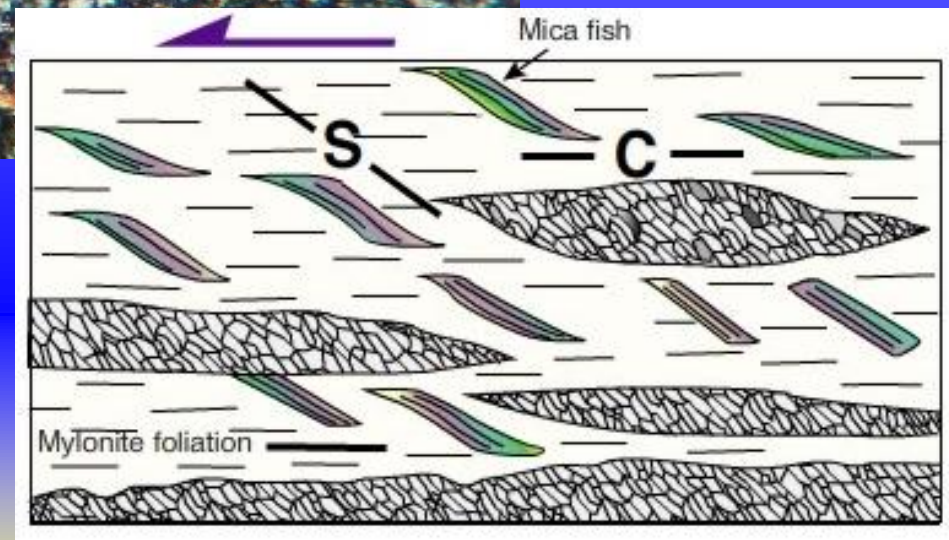
Συμπιεστικός Πτυχοσχισμός Compressional Crenulation Cleavage (CCC)	Εφελκυστικός Πτυχοσχισμός Extensional Crenulation Cleavage (ECC)
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ	
Η γωνία μεταξύ της παλαιότερης φύλλωσης και του CCC από 45 ⁰ έως 90 ⁰ .	Η γωνία μεταξύ της παλαιότερης φύλλωσης και του ECC λιγότερο από 45 ⁰ .
Οι πτυχές της παλαιότερης φύλλωσης παρουσιάζουν μεγάλο εύρος, σε σχέση με την απόσταση των CCC.	Οι πτυχές της παλαιότερης φύλλωσης παρουσιάζουν μικρό εύρος, σε σχέση με την απόσταση των ECC.
Τα CCC επίπεδα ακανόνιστα αλλά διαμπερή.	Τα ECC επίπεδα ομαλά, βραχέα και αναστομούμενα.
Το πέτρωμα συνήθως πτυχωμένος φυλλίτης.	Το πέτρωμα συνήθως μυλονίτης ή φυλλονίτης.
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ	
Οι CCC επιφάνειες σχηματίζουν μεγάλη γωνία με τη διεύθυνση της βράχυνσης (γύρω στις 90 ⁰) και αντιπροσωπεύουν μια φύλλωση που προσεγγίζει τη διεύθυνση του fabric attractor (βλπ. κεφ. 2).	Οι ECC επιφάνειες αναπτύσσονται λοξά ως προς τη διεύθυνση της βράχυνσης και αντιπροσωπεύουν μια ζώνη που χαρακτηρίζεται από έντονη μη-ομοαξονική ροή.
Συνήθως η μία συνιστώσα της βράχυνσης κάθετη στις επιφάνειες CCC.	Συνήθως η μία συνιστώσα του εφελκυσμού κάθετη στις επιφάνειες ECC.



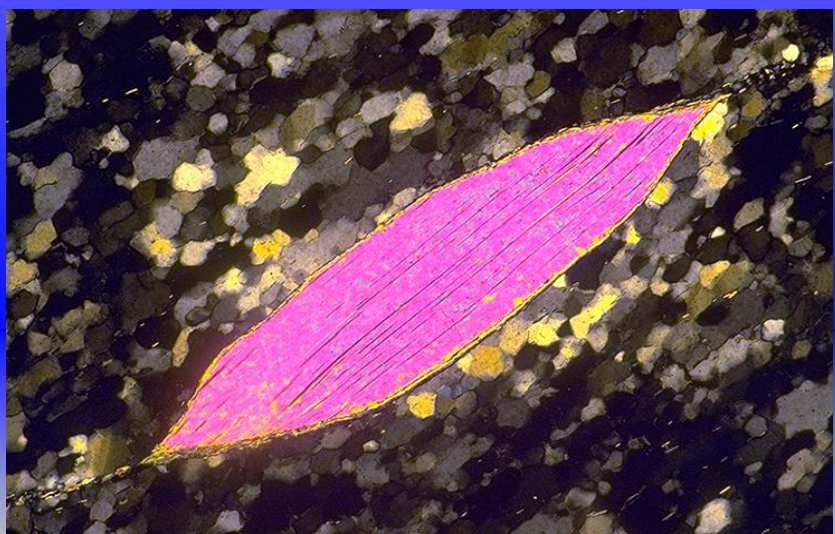
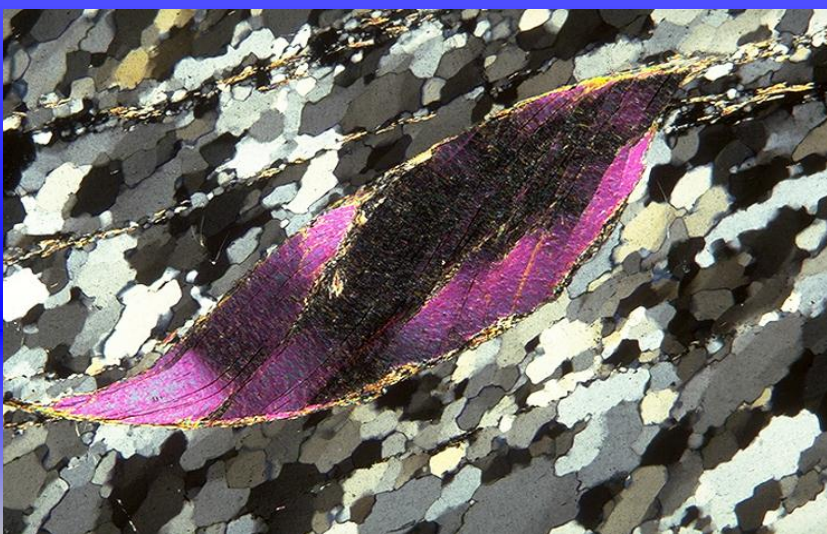
Shear Sense (Kinematic Indicators) ...συνέχεια



Mica Fish

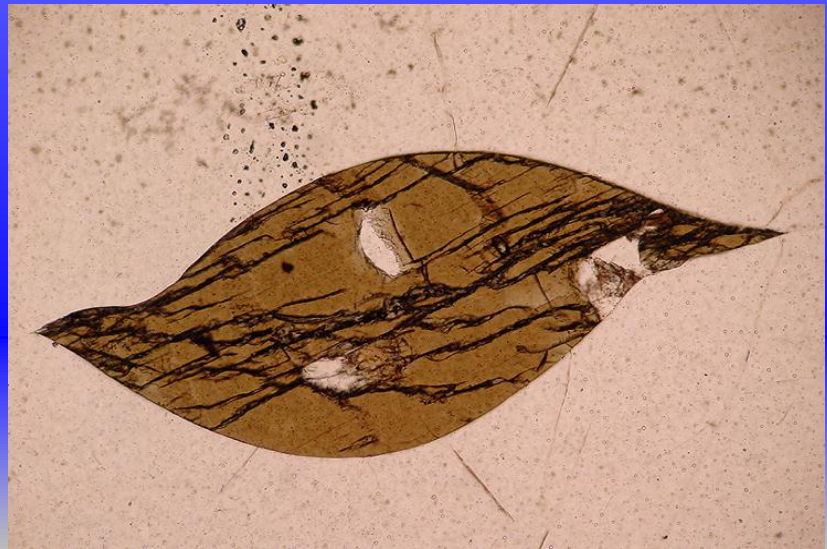
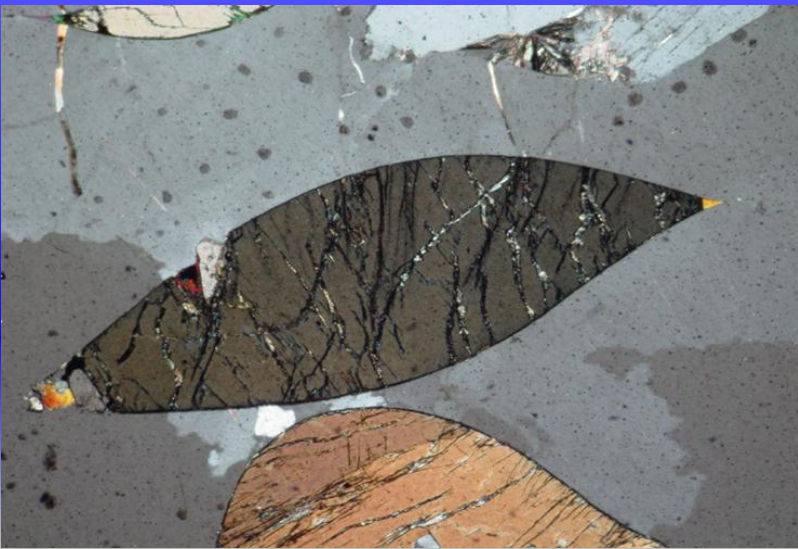
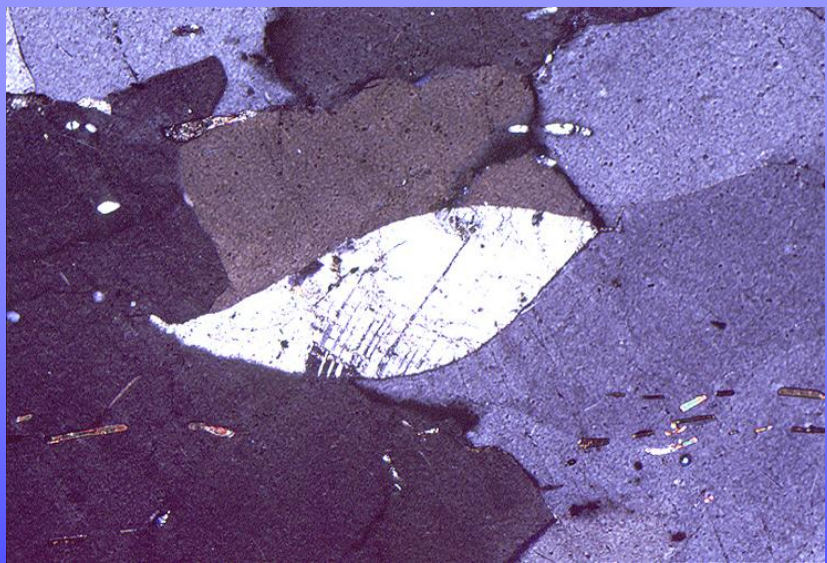


Shear Sense (Kinematic Indicators)

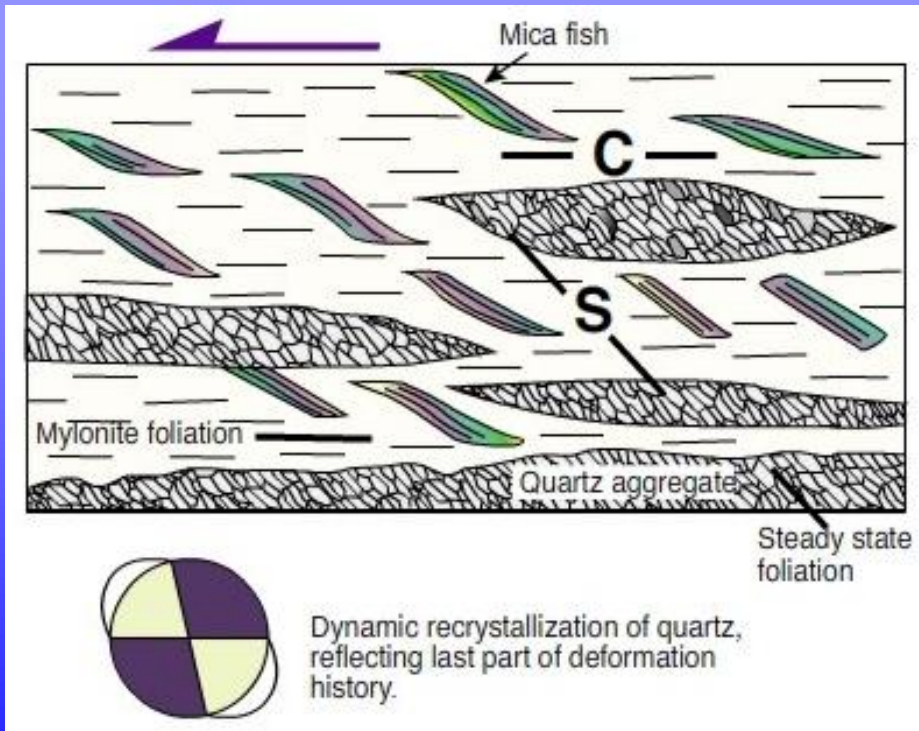


Shear Sense (Kinematic Indicators)

Mica Fish



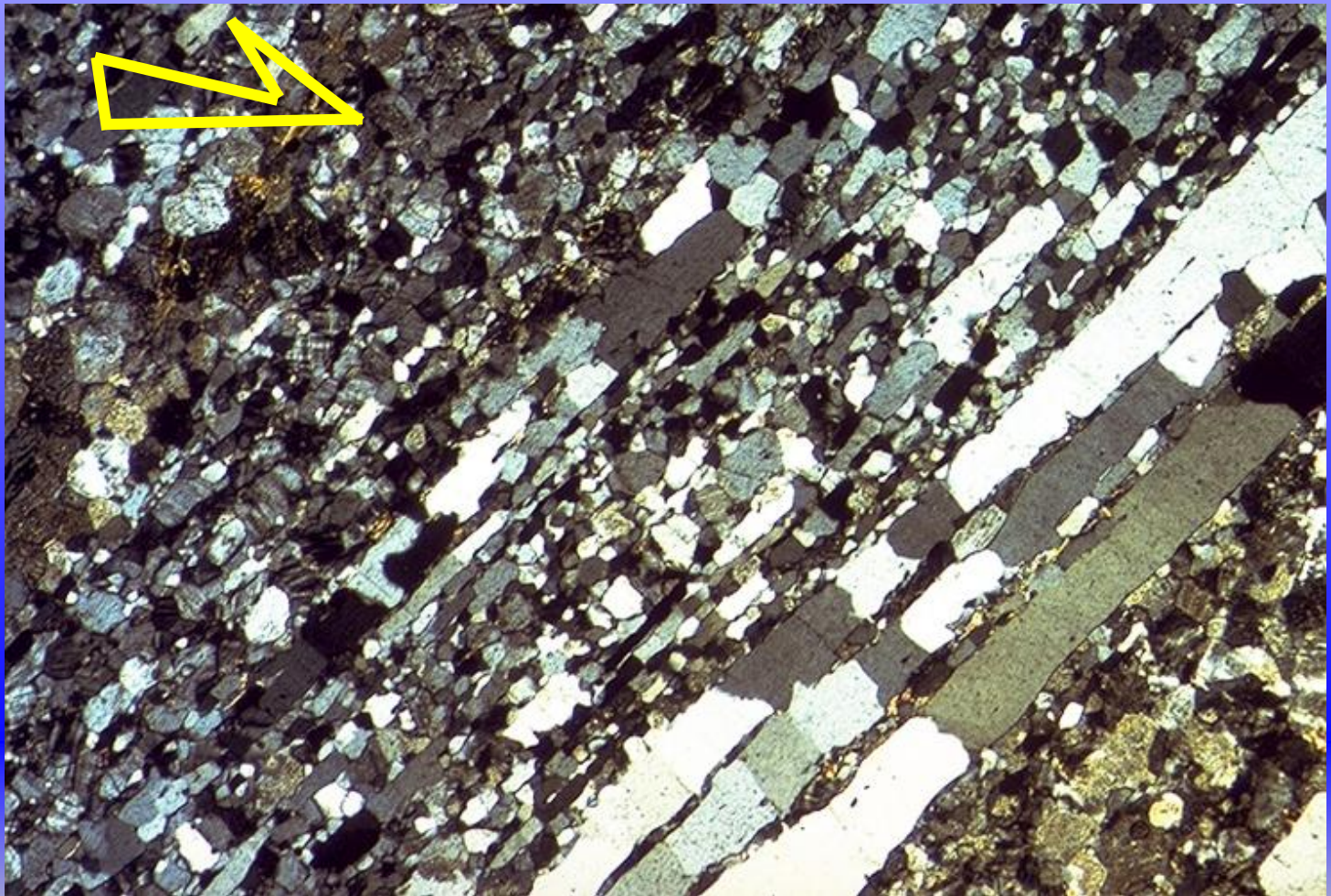
Shear Sense (Kinematic Indicators)



Oblique Quartz Fabric



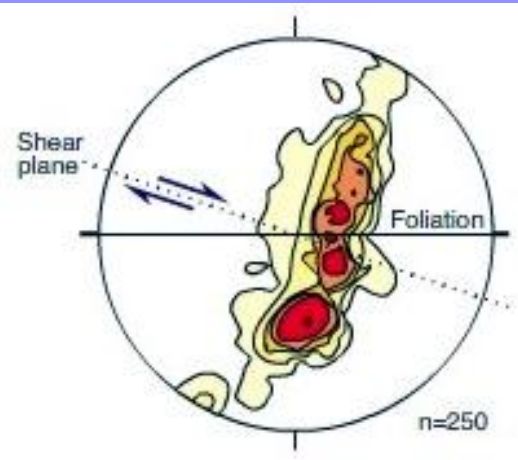
Shear Sense (Kinematic Indicators)



Ribbon
Quartz

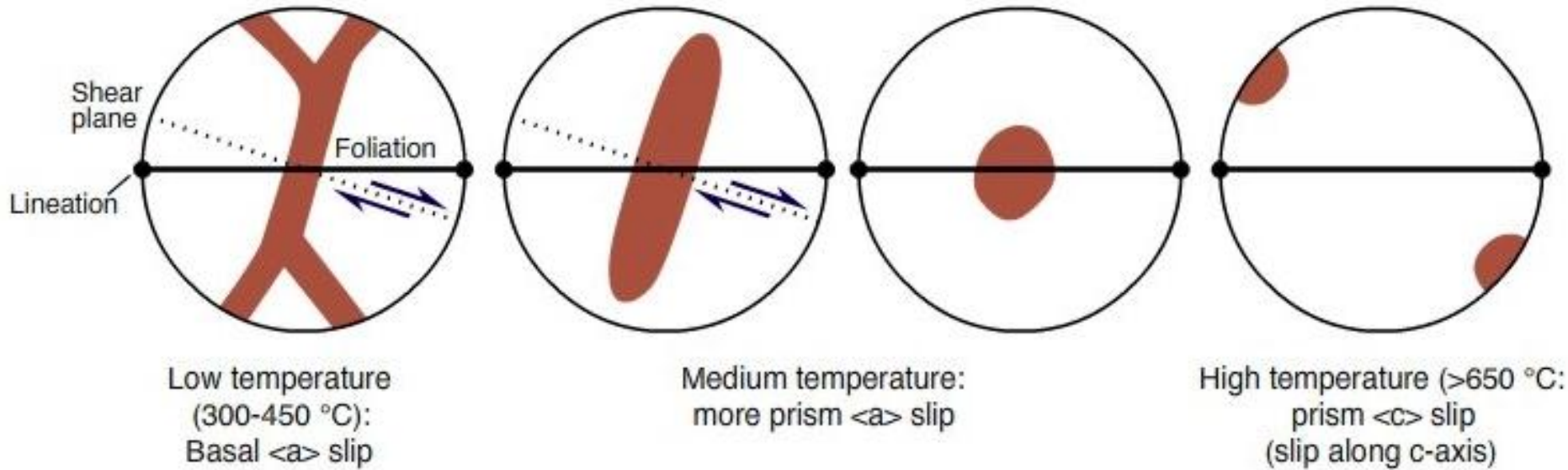
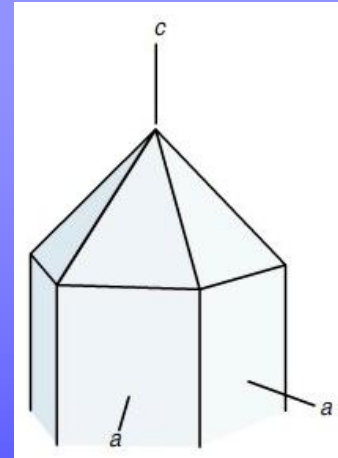


Shear Sense (Kinematic Indicators)

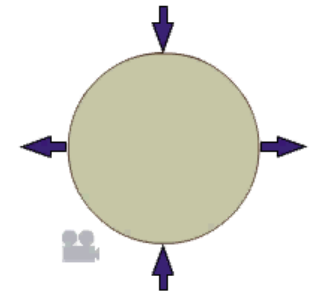
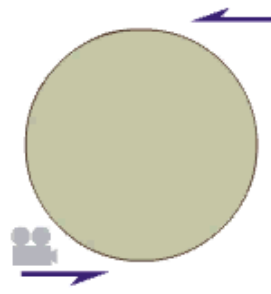
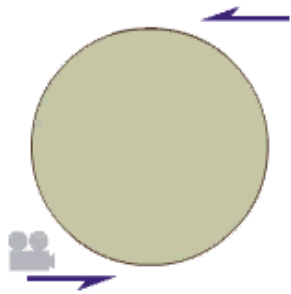
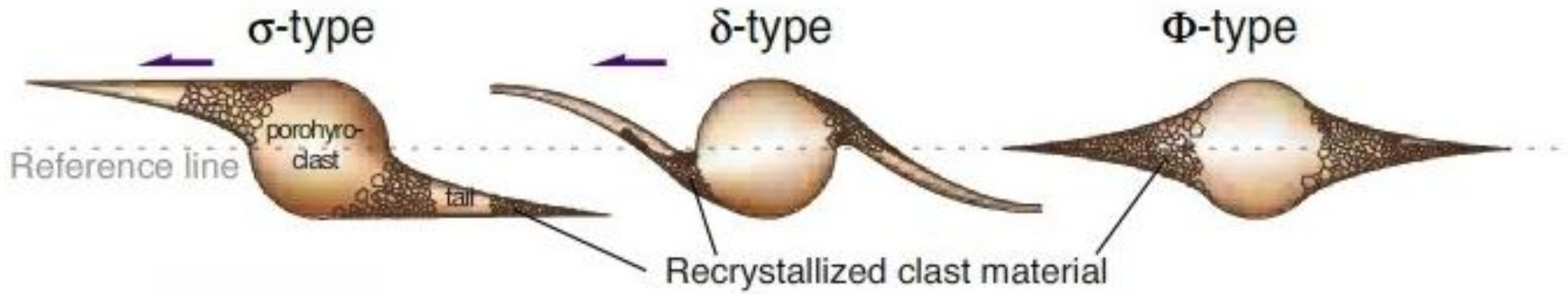


Lattice Preferred Orientation
(LPO or CPO)

C – axis Fabrics



Shear Sense (Kinematic Indicators)



Mantled Porphyroclasts



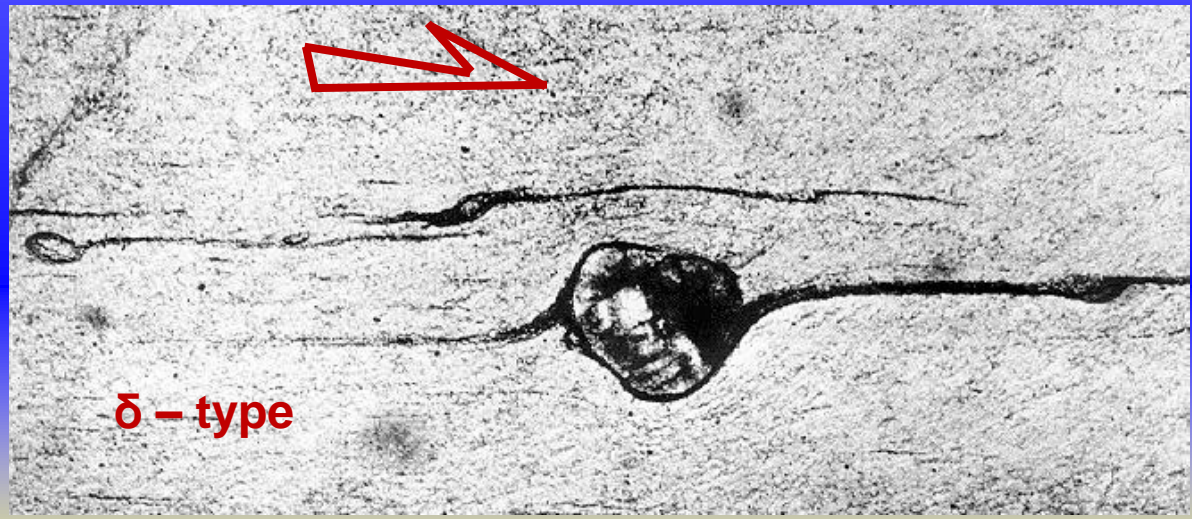
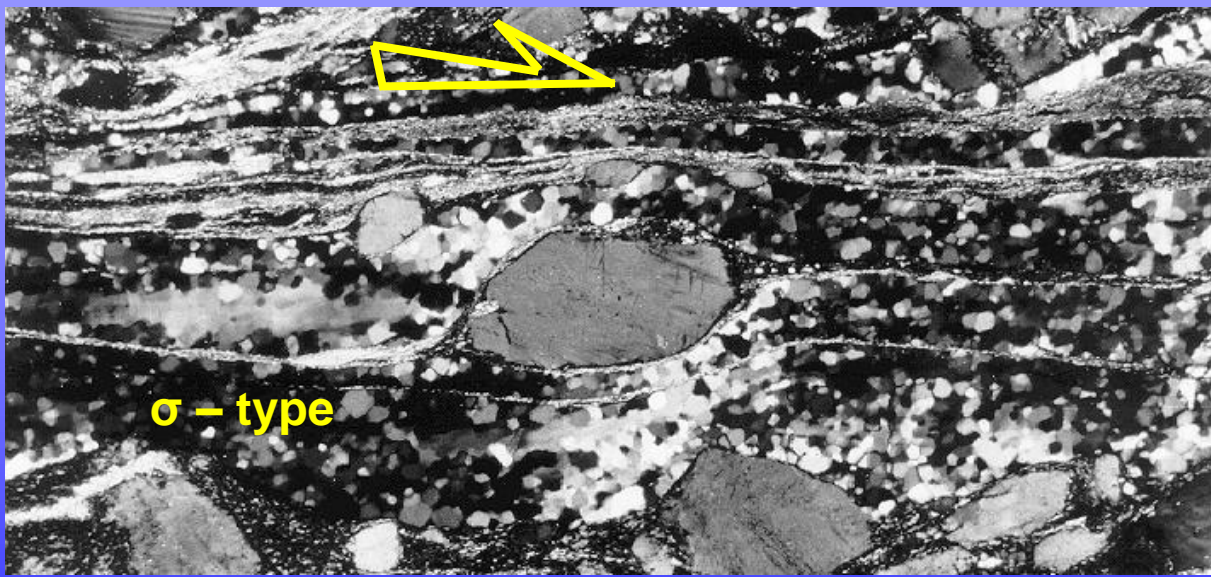
Shear Sense (Kinematic Indicators)



Manteled
Porphyroclasts



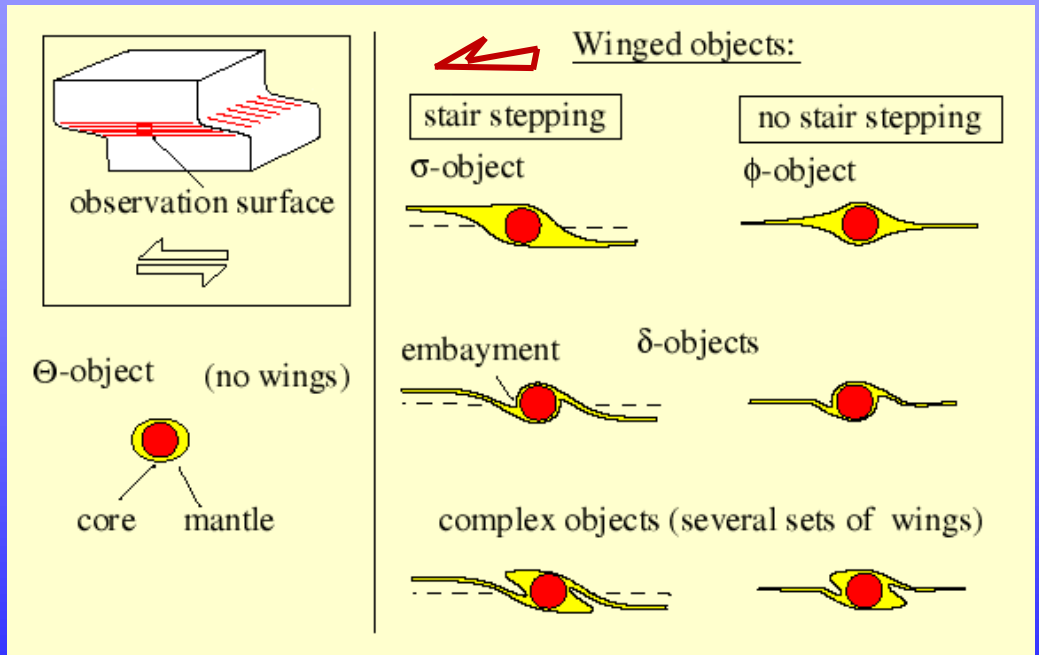
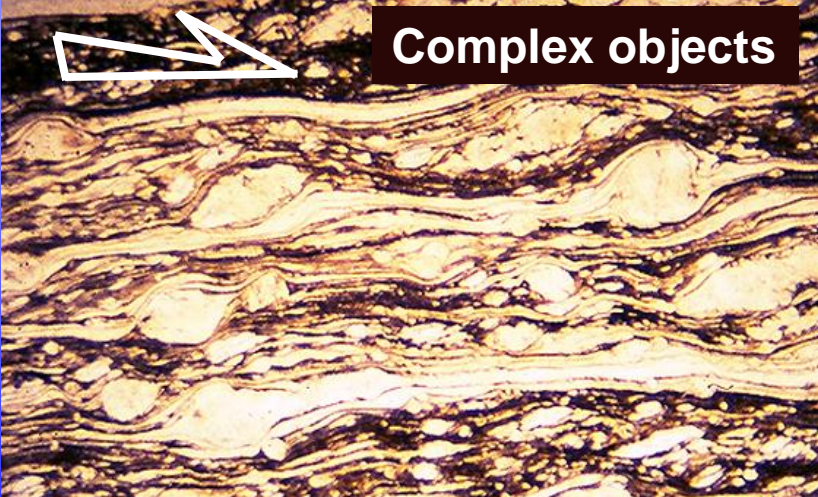
Shear Sense (Kinematic Indicators)



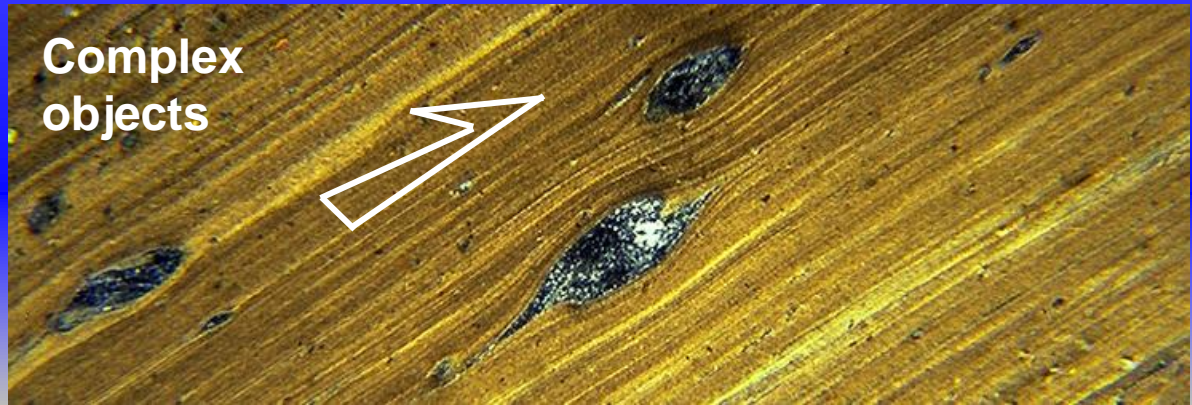
Manteled
Porphyroclasts



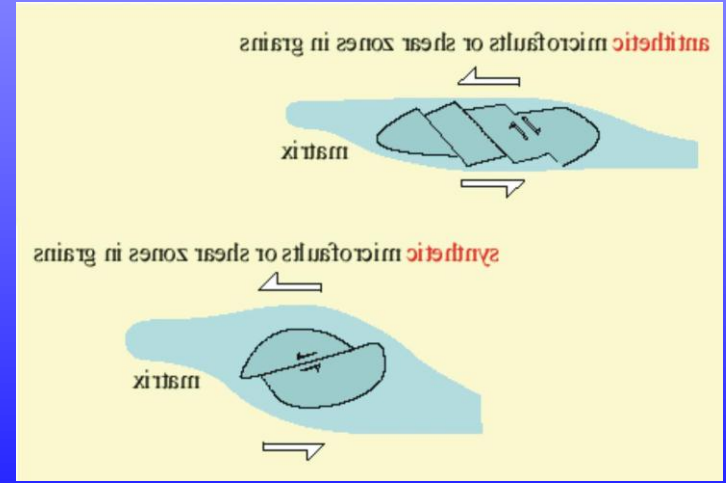
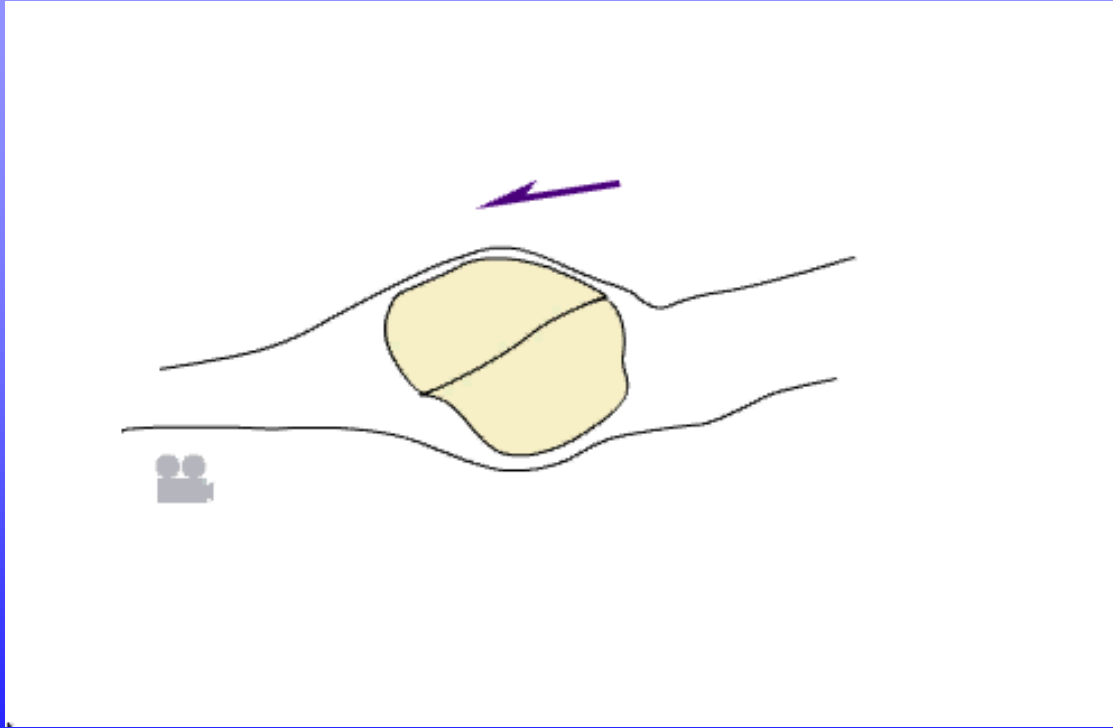
Shear Sense (Kinematic Indicators)



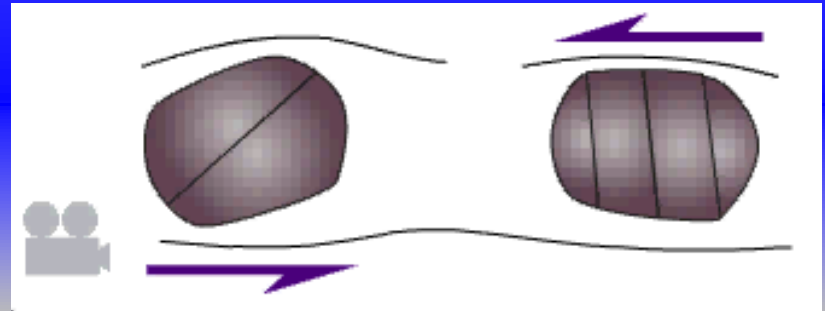
Manteled Porphyroclasts



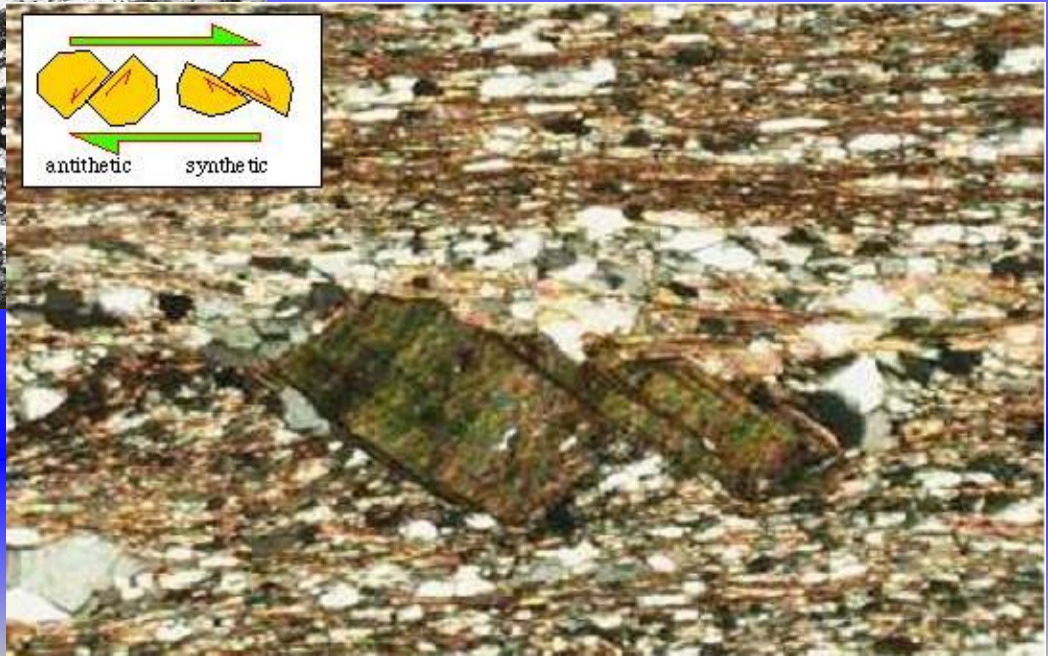
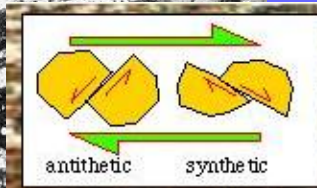
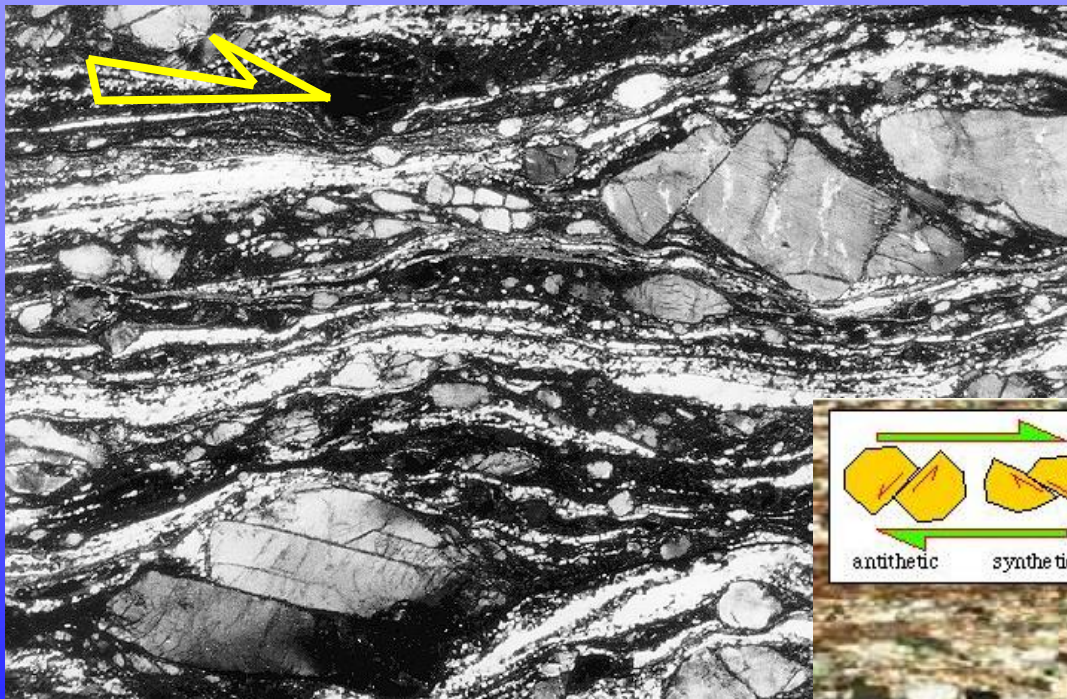
Shear Sense (Kinematic Indicators)



Fractured
Porphyroclasts



Shear Sense (Kinematic Indicators)

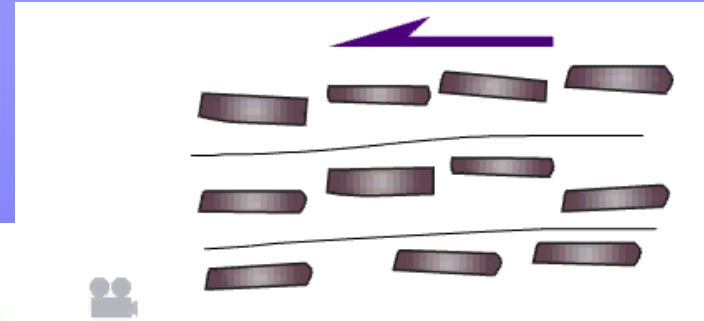


Fractured Porphyroclasts



Shear Sense (Kinematic Indicators)

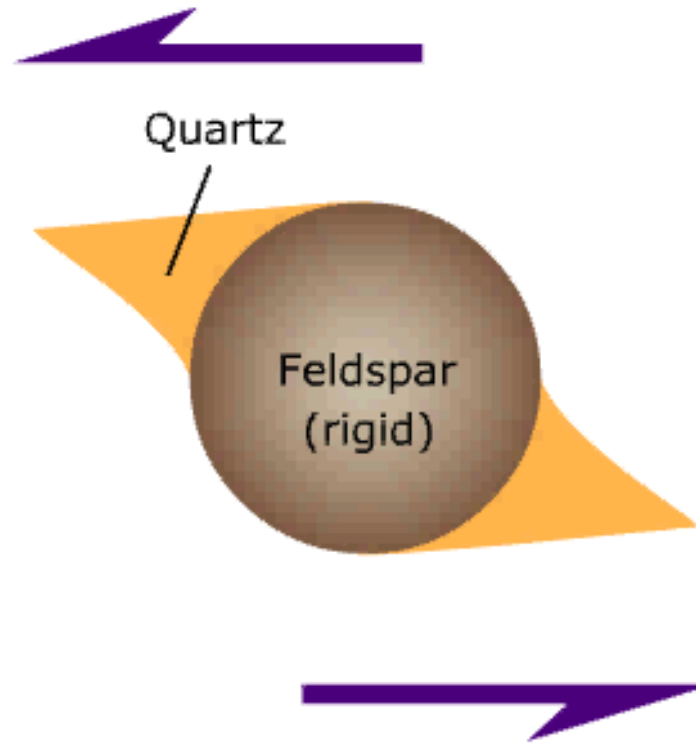
Stacked
Porphyroclasts



Stacked porphyroclasts



Shear Sense (Kinematic Indicators)



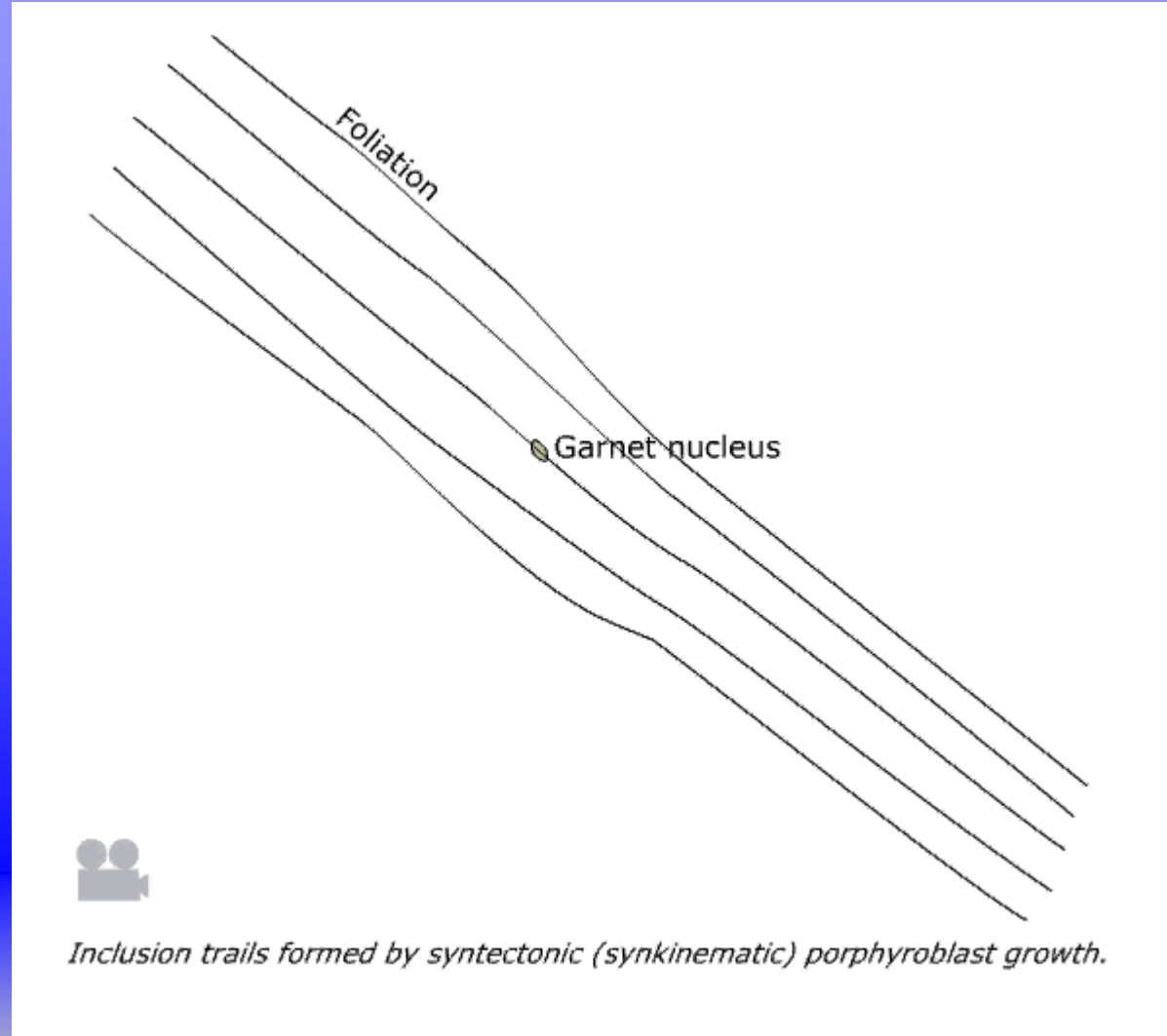
Strain Shadows

Asymmetric quartz strain shadows around feldspar porphyroblast, showing σ -type geometry. Click to see strain pattern (simple shear, $\gamma=4$) numerically modeled by Samanta et al. (2002).

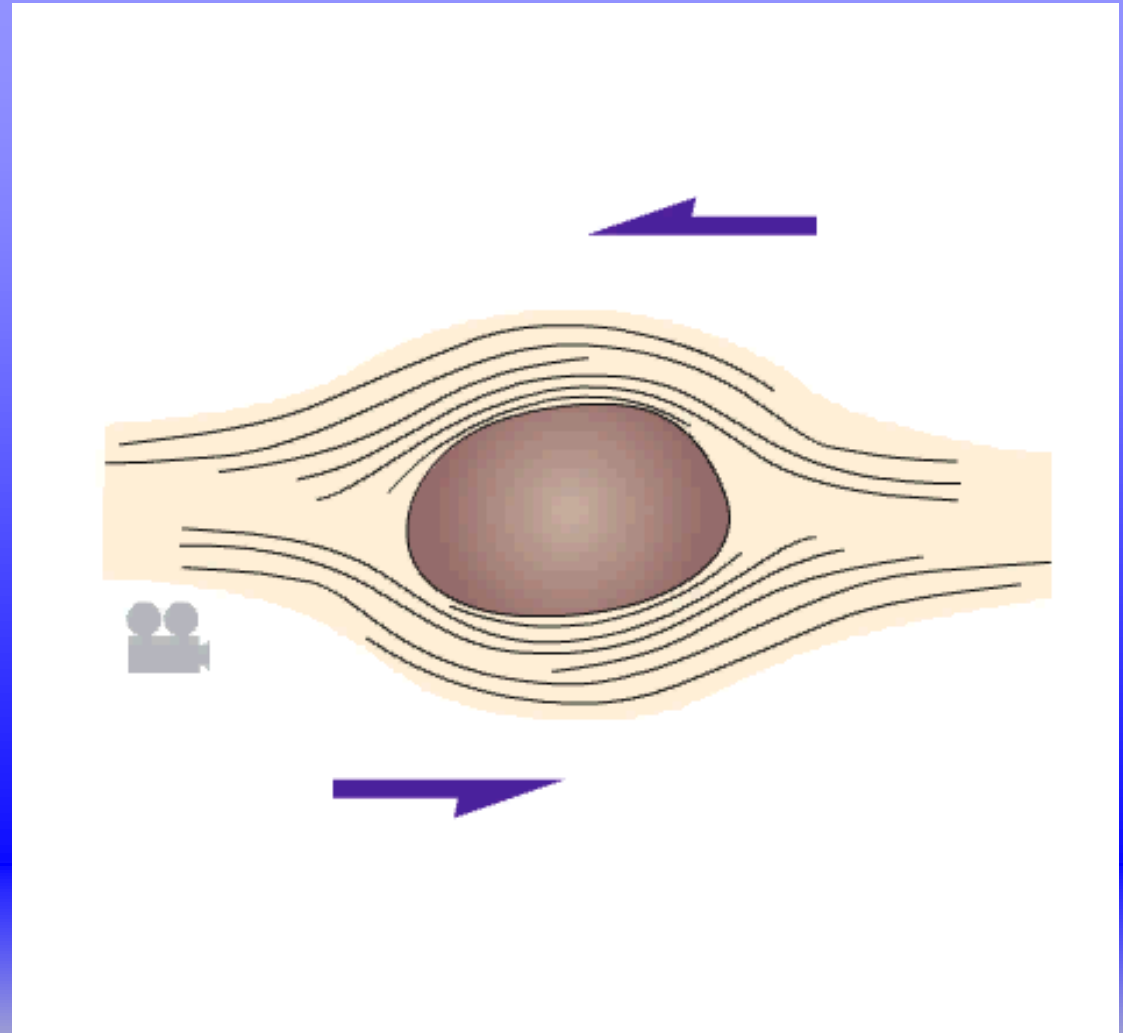


Shear Sense (Kinematic Indicators)

Porphyroblast Inclusion Trails



Shear Sense (Kinematic Indicators)

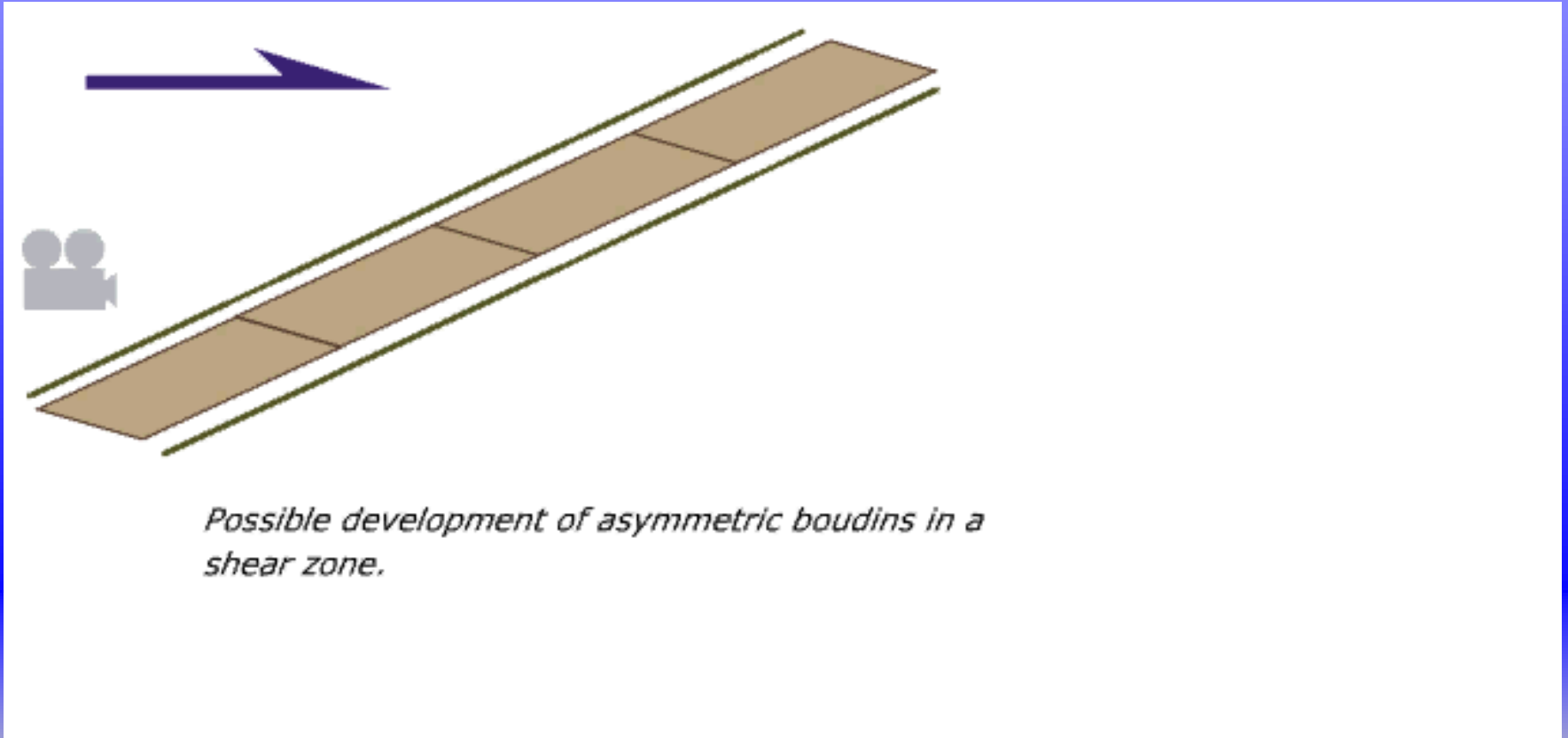


Quarter Structures



Shear Sense (Kinematic Indicators)

Asymmetric Boudinage



Shear Sense (Kinematic Indicators)



Extended granitic layer in dextrally sheared biotite-amphibole layer. The angular boudins are displaced by **shear bands**.



Fish-like granitic boudin with deformed tails that curve into shear bands.



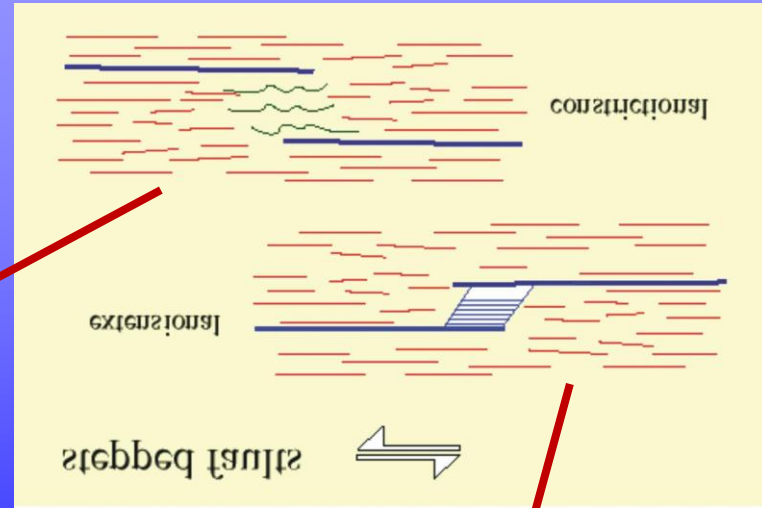
Quartz pod, back-rotated with **asymmetric tails**.



Quartz vein in metarhyolite. The vein has been **necked** (partly boudinaged) and the individual segments are back-rotated relative to the general foliation in the rock.

Asymmetric
Boudinage

Shear Sense (Kinematic Indicators)

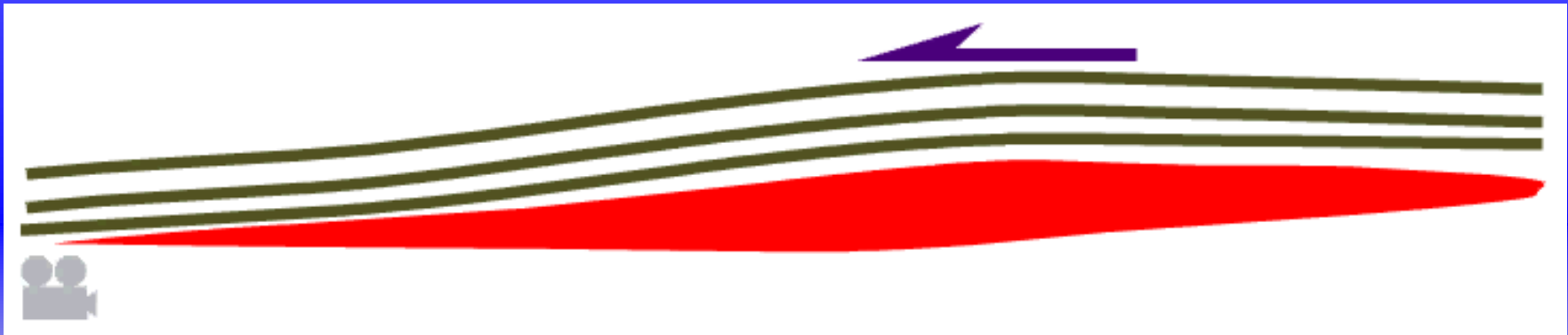
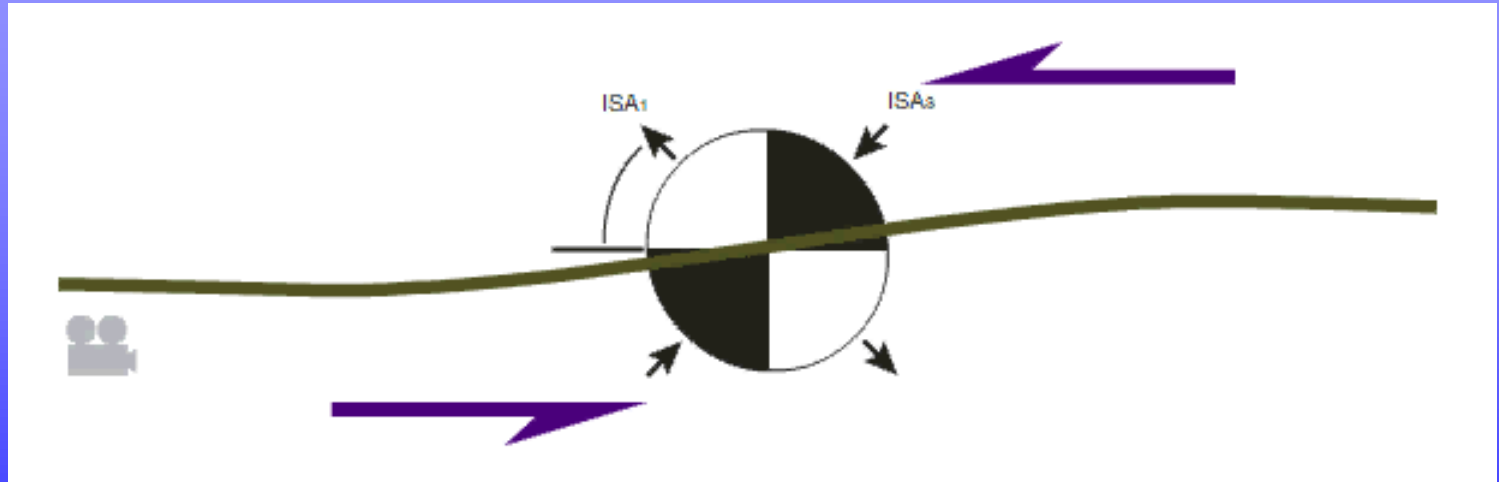


**Strain Transfer
(Overlap Systems)**



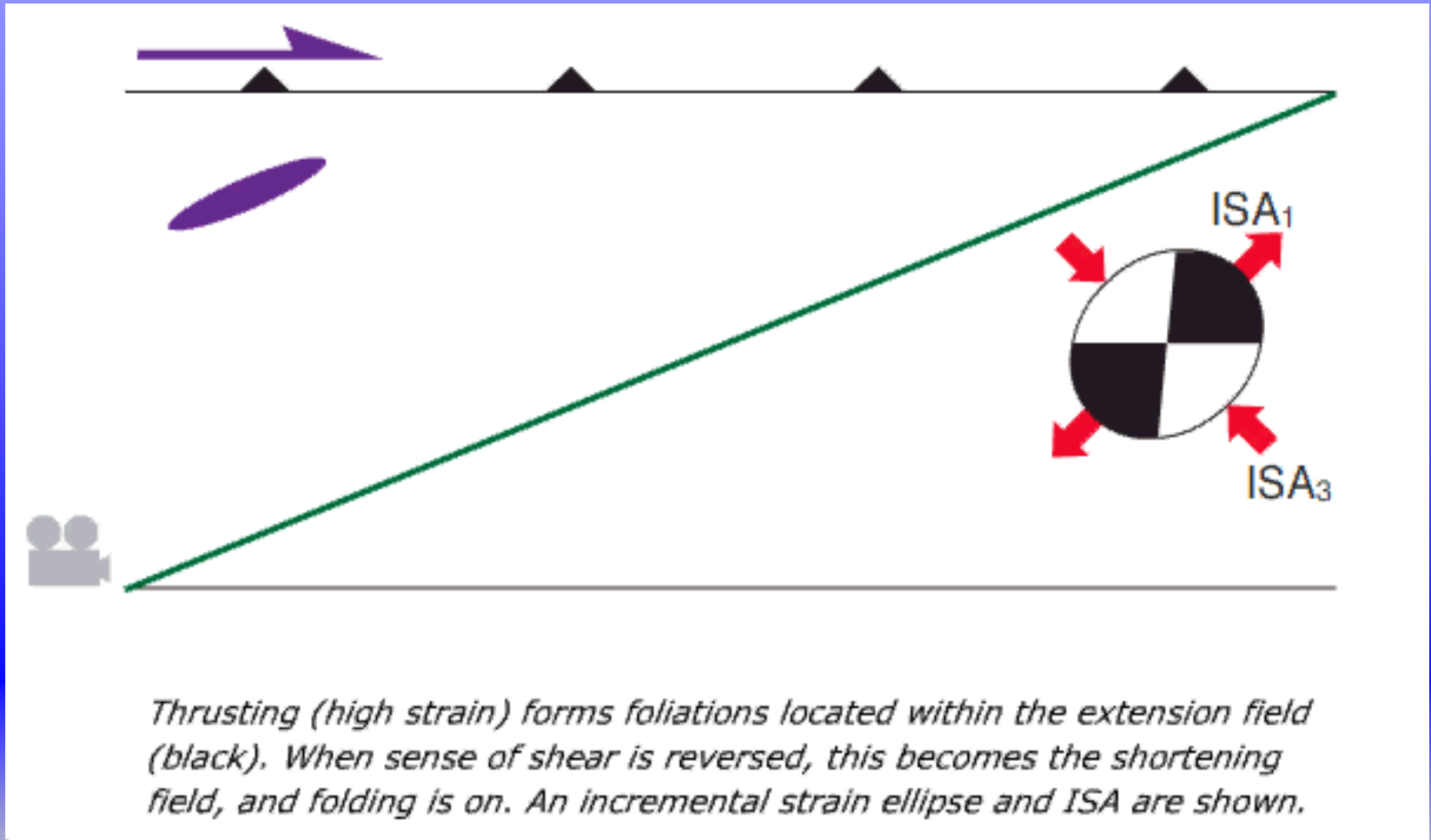
Shear Sense (Kinematic Indicators)

Asymmetric
Folds



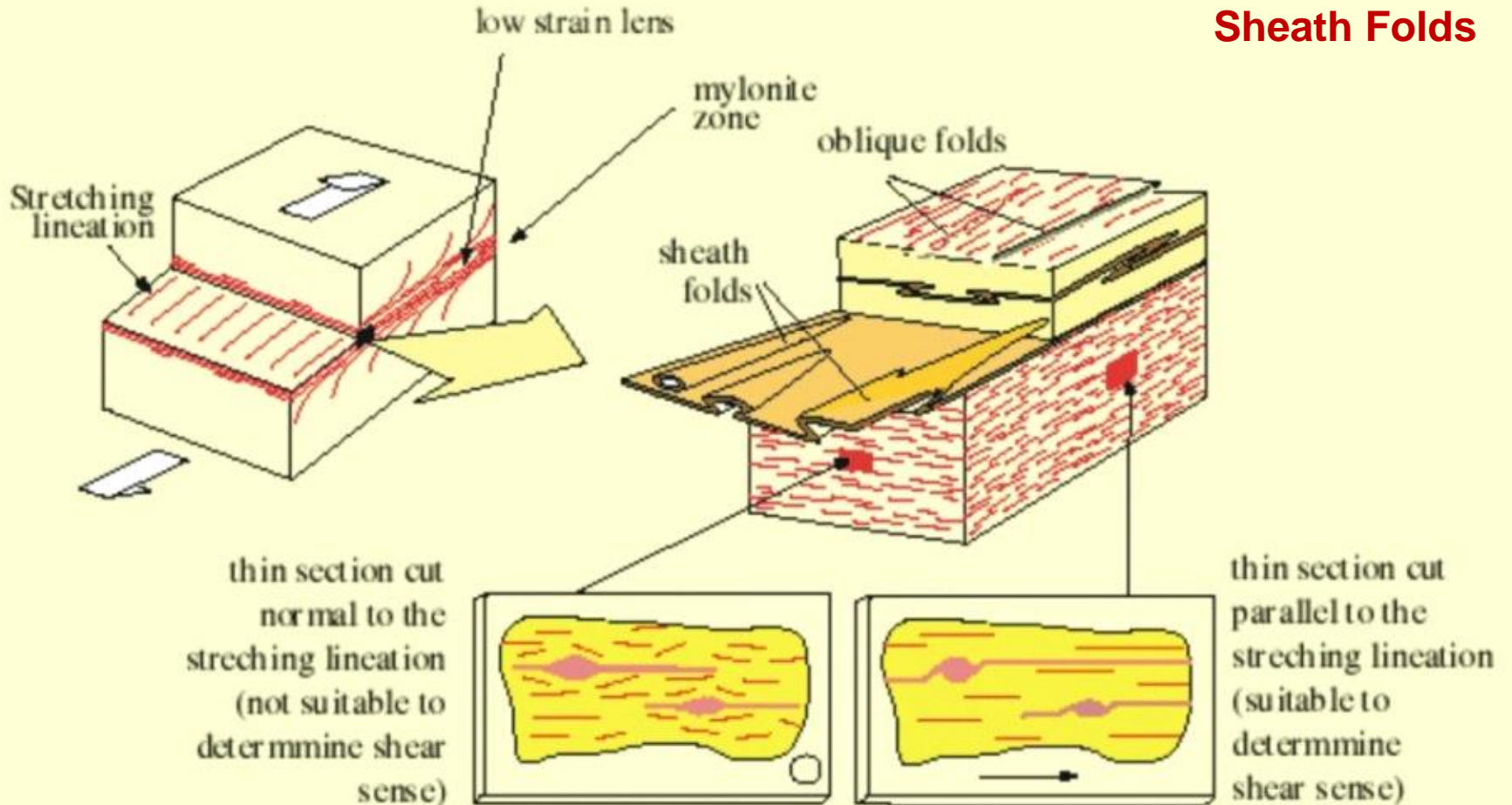
Shear Sense (Kinematic Indicators)

Asymmetric Folds

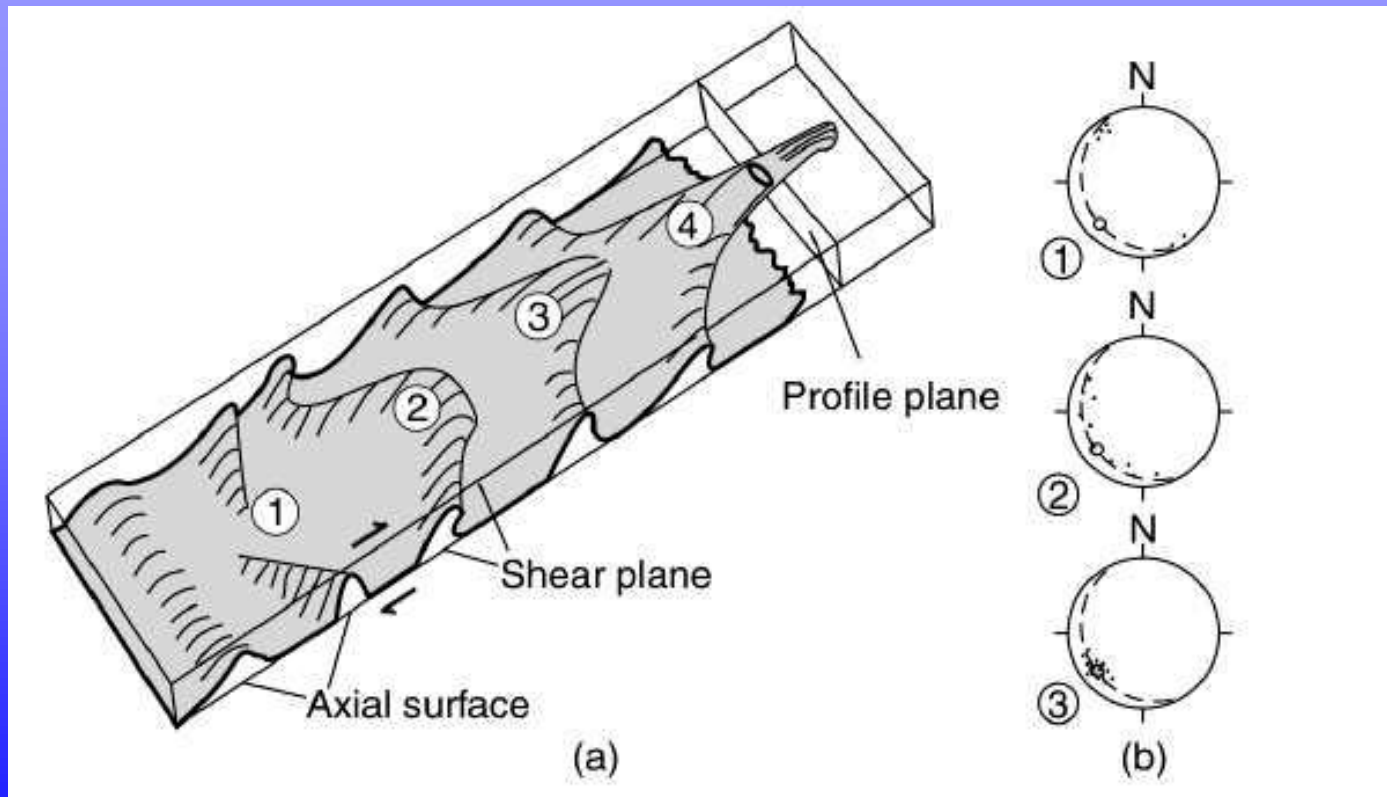


Shear Sense (Kinematic Indicators)

Sheath Folds



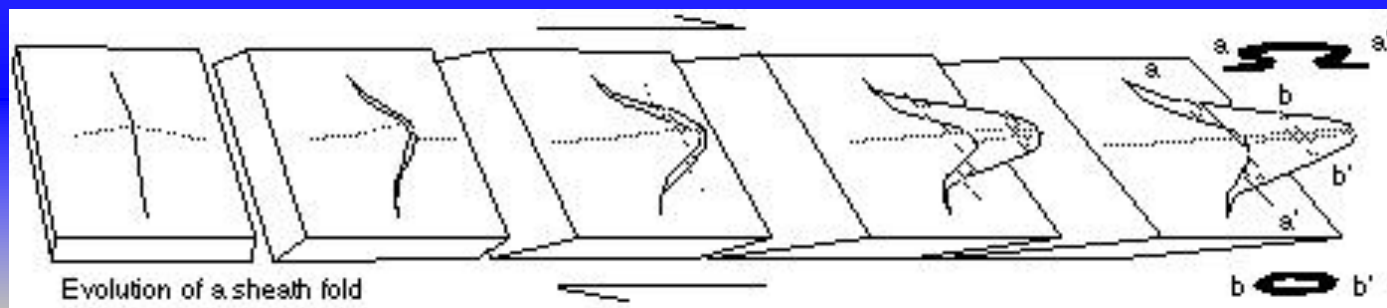
Shear Sense (Kinematic Indicators)



Sheath Folds

Eye Folds

Tectonic Fish



Shear Sense (Kinematic Indicators)



Sheath Folds

Shear Sense (Kinematic Indicators)



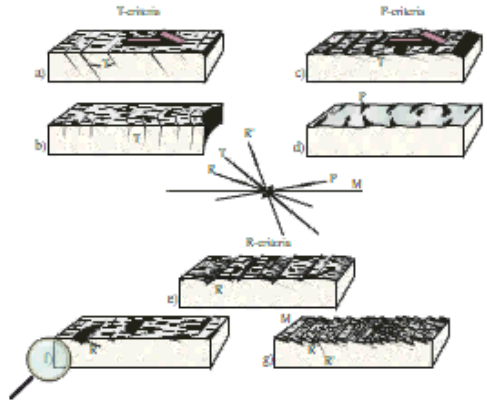
Sheath Folds



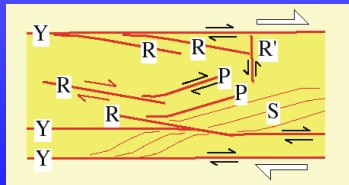
Shear Sense (Kinematic Indicators)

R, R', P, T

Faults and slip surfaces may show subsidiary shear fractures that develop before, but also during, the main slip event(s). Again asymmetry is the key, and the animation shows how the different types are oriented with respect to the main slip surface (M).



Brittle Deformation



Riedel Shears



Early stage faulting in sandstone. [Click!](#)



Advanced stage faulting in sandstone. [Click!](#)

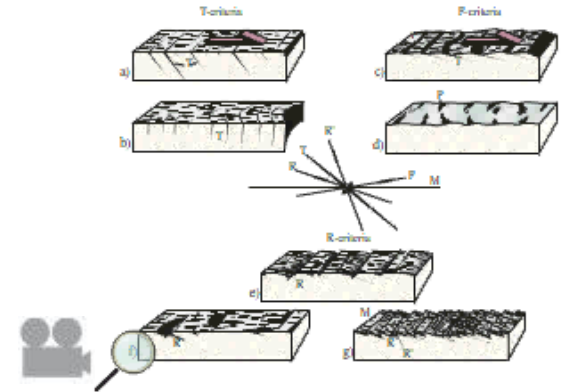


Animation showing how R (Riedel), R' and P shears can form at incipient stages of slip. Their orientation relative to M can be used to determine sense of slip.

Shear Sense (Kinematic Indicators)

R, R', P, T

Faults and slip surfaces may show subsidiary shear fractures that develop before, but also during, the main slip event(s). Again asymmetry is the key, and the animation shows how the different types are oriented with respect to the main slip surface (M).

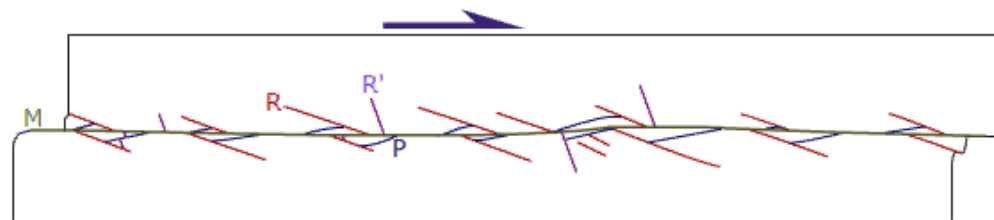


Early stage faulting in sandstone. [Click!](#)



Advanced stage faulting in sandstone. [Click!](#)

Riedel Shears

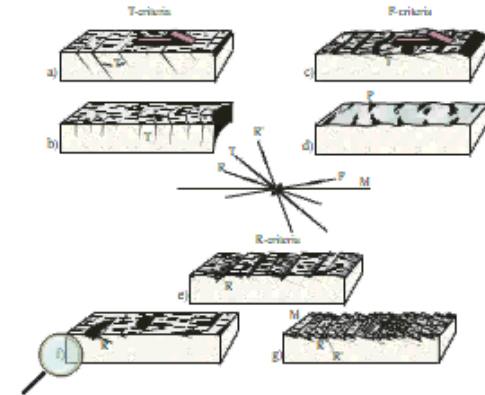


Animation showing how R (Riedel), R' and P shears can form at incipient stages of slip. Their orientation relative to M can be used to determine sense of slip.

Shear Sense (Kinematic Indicators)

R, R', P, T

Faults and slip surfaces may show subsidiary shear fractures that develop before, but also during, the main slip event(s). Again asymmetry is the key, and the animation shows how the different types are oriented with respect to the main slip surface (M).

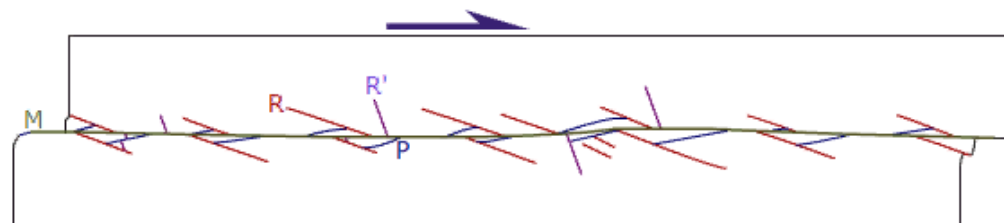


Early stage faulting in sandstone. [Click!](#)



Advanced stage faulting in sandstone. [Click!](#)

Riedel Shears

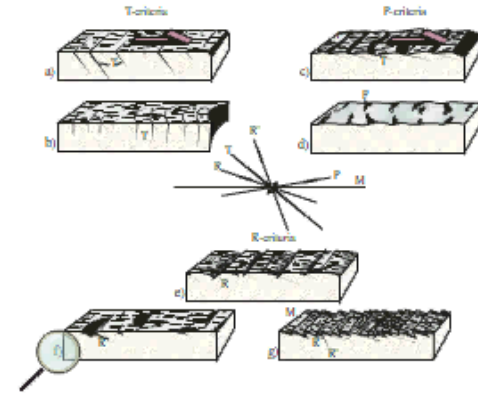


Animation showing how R (Riedel), R' and P shears can form at incipient stages of slip. Their orientation relative to M can be used to determine sense of slip.

Shear Sense (Kinematic Indicators)

R, R', P, T

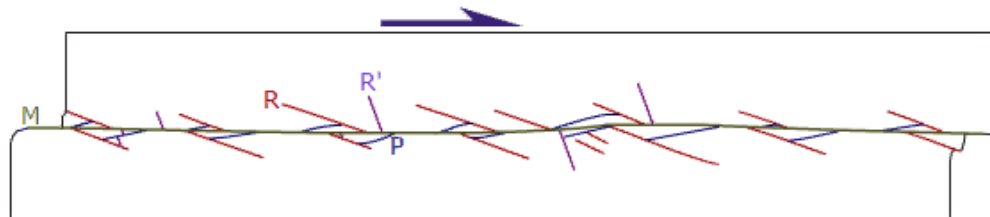
Faults and slip surfaces may show subsidiary shear fractures that develop before, but also during, the main slip event(s). Again asymmetry is the key, and the animation shows how the different types are oriented with respect to the main slip surface (M).



Early stage faulting in sandstone. [Click!](#)



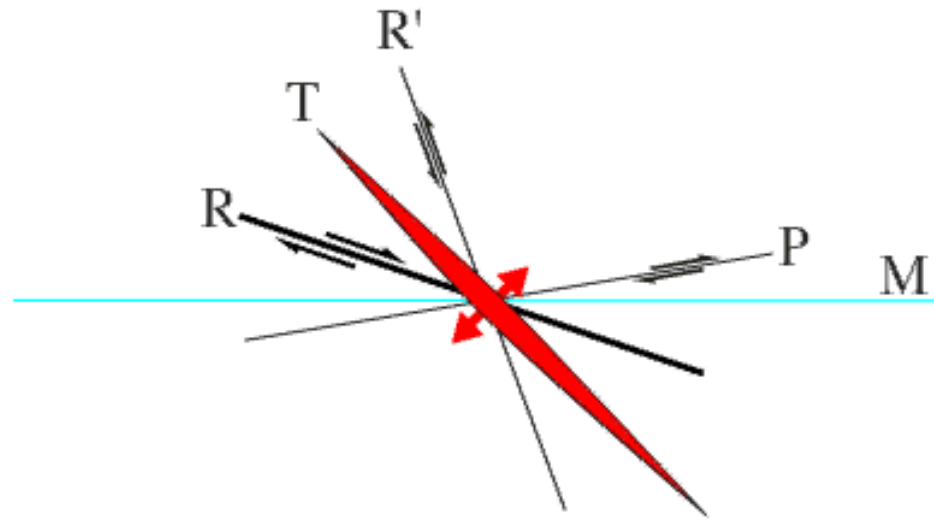
Advanced stage faulting in sandstone. [Click!](#)



Animation showing how R (Riedel), R' and P shears can form at incipient stages of slip. Their orientation relative to M can be used to determine sense of slip.

Riedel
Shears

Shear Sense (Kinematic Indicators)



**Veins
(Feather Joints
Fractures)**



Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



Click image to get interpretation.



Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση

Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



Click image to get interpretation.



Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση

Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



Click image to get interpretation.




Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση

Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών

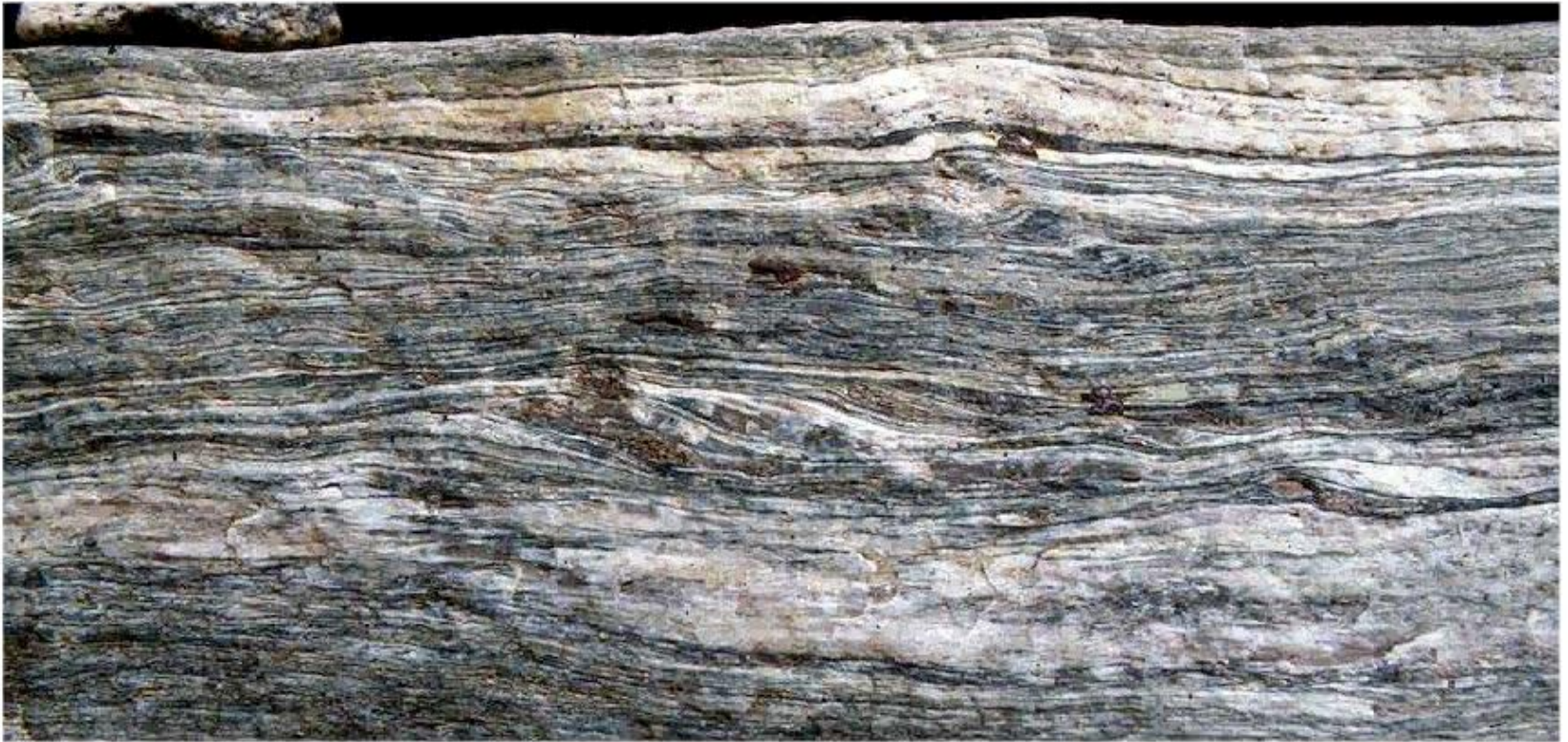


Click image to get interpretation.



 Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση

Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



Click image to get interpretation.



Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση



Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



Click image to get interpretation.



Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση

Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



Click image to get interpretation.

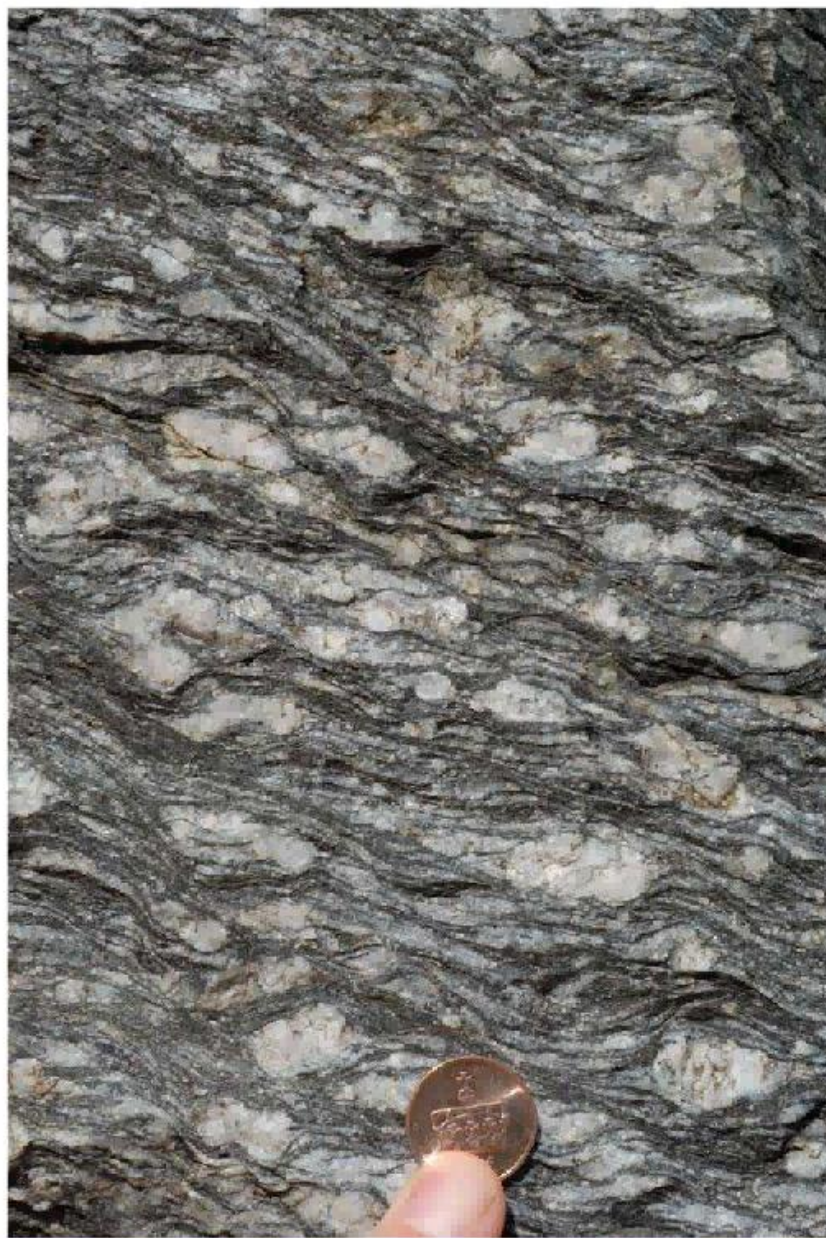


Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση

Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών

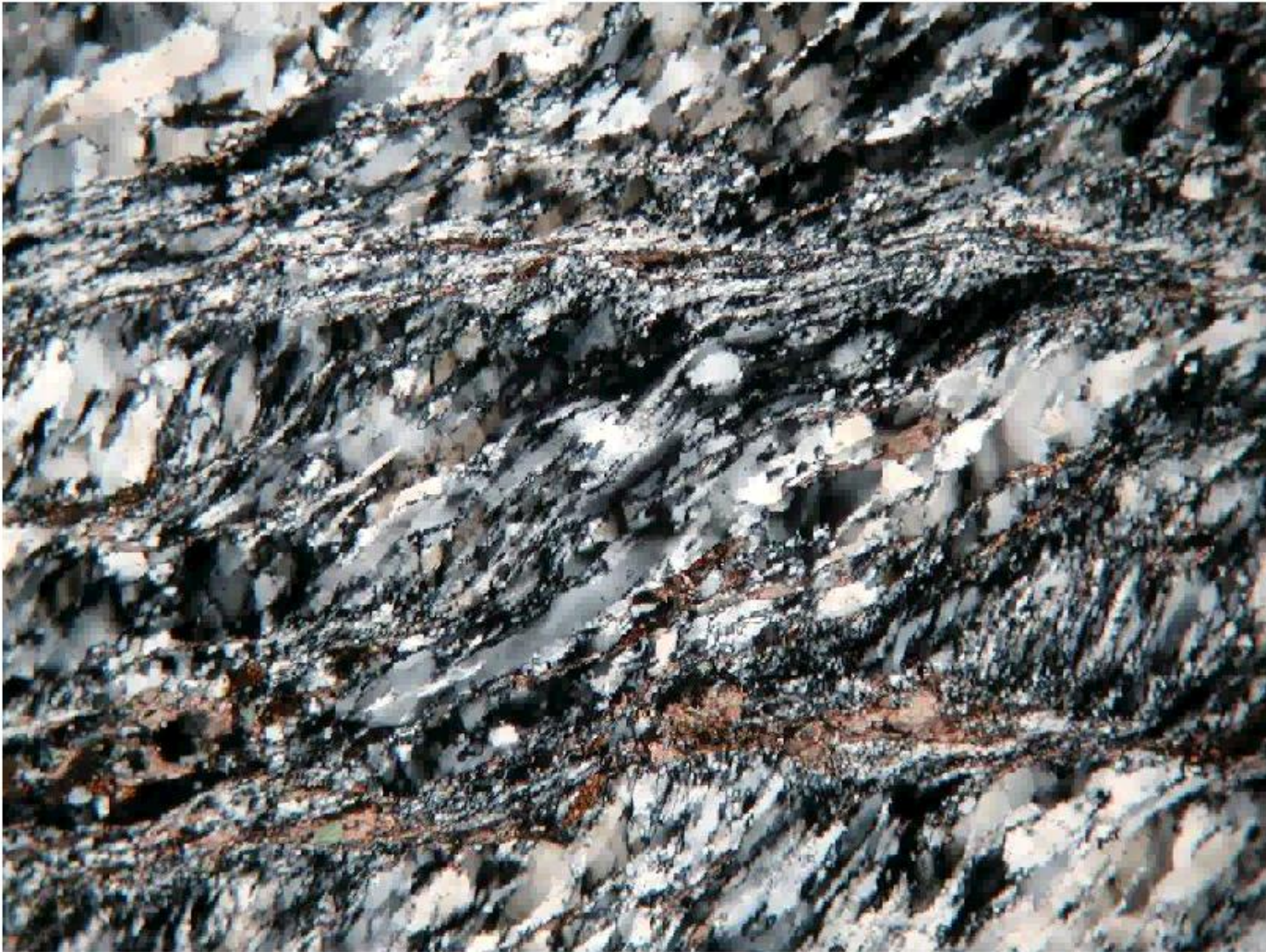
Click image to get interpretation.

[Go back](#)



Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση

Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



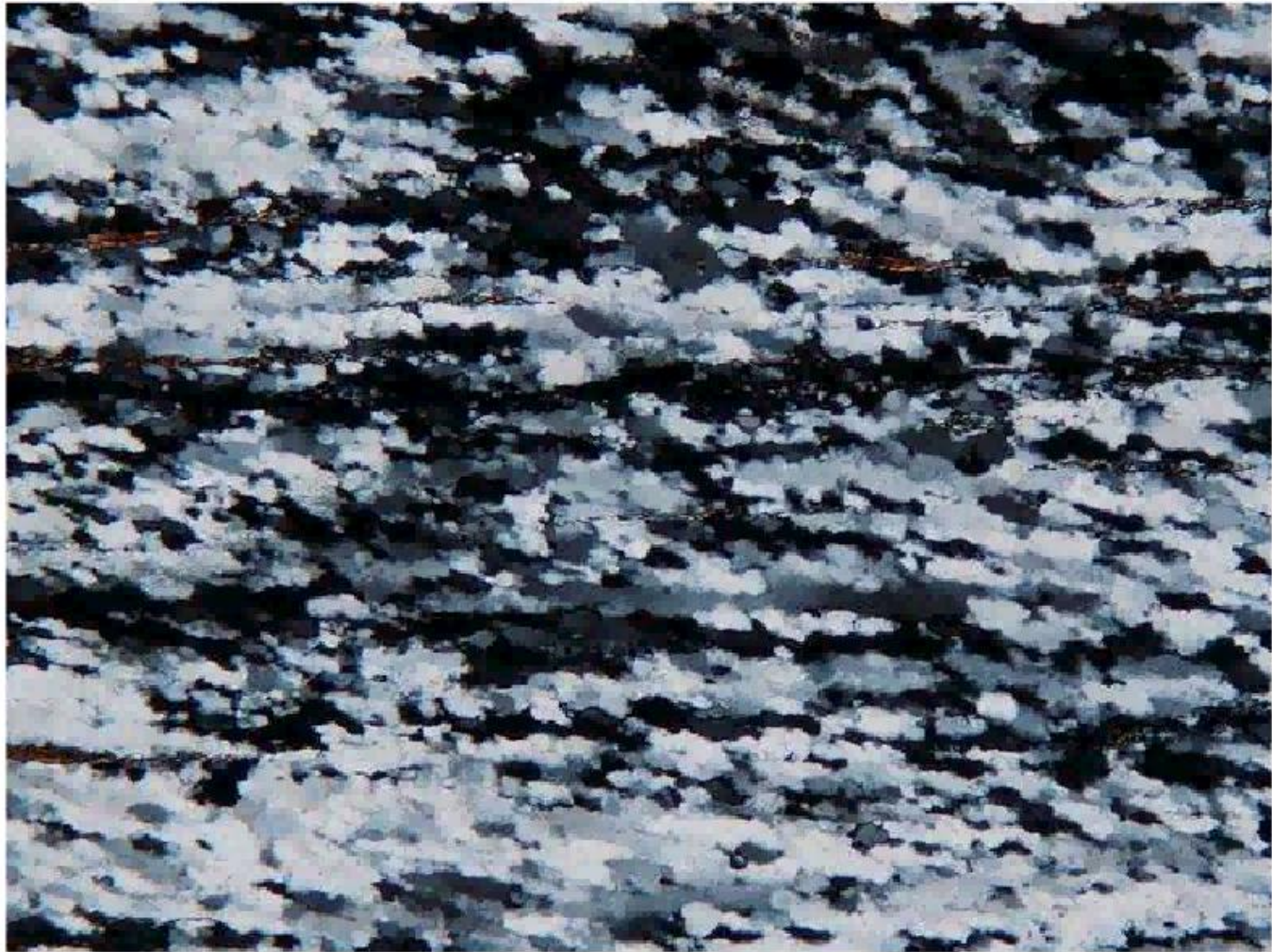
Click image to get interpretation.

[Go back](#)



Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση

Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



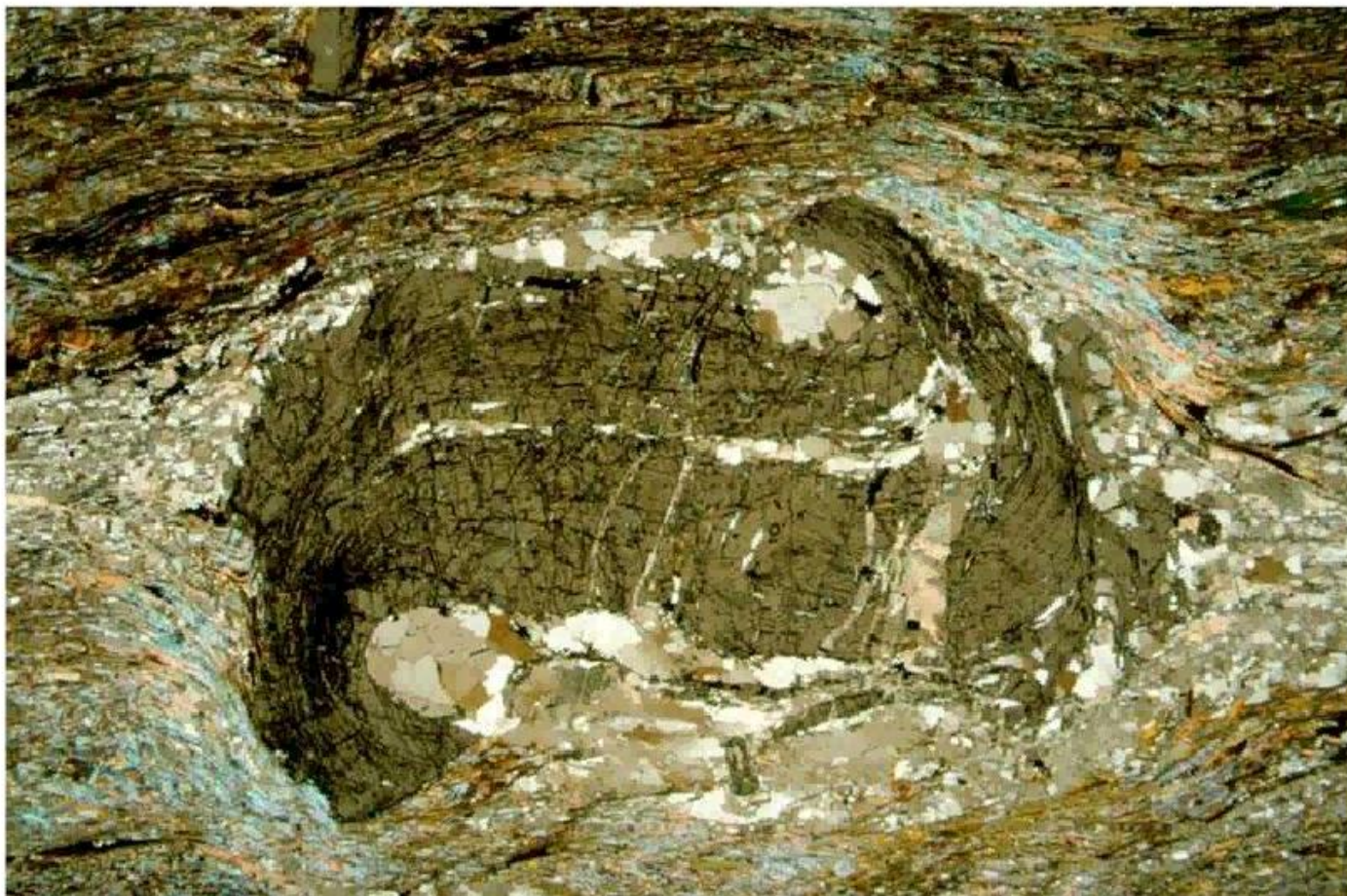
Click image to get interpretation.



Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση



Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



Click image to get interpretation.



Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση

Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



Click image to get interpretation.



Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση



Test αναγνώρισης κινηματικών δεικτών



Click image to get interpretation.



Διπλό κλικ
στην εικόνα
για να δείτε τη λύση

Τέλος



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη εδώ <http://eclass.uoa.gr/courses/GEOL143/>



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών,
Στυλιανός Λόζιος 2015, Στυλιανός Λόζιος. «Μικροτεκτονική - Τεκτονική
Ανάλυση. Ενότητα 1: Κριτήρια διάτμησης». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL102/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/4)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: Copyrighted.

Εικόνα 2: Copyrighted.

Εικόνα 3: Προσανατολισμός Τομών για παρατήρηση Κινηματικών Δεικτών.
Copyrighted.

Εικόνα 4: Ductile Deformation, White et al. 1986. Copyrighted.

Εικόνα 5: Foliation. Copyrighted.

Εικόνα 6: Foliation. Copyrighted.

http://geode.colorado.edu/~structure/teaching_GEOL3120/coursenotes/Shear%20criteria.pdf

Εικόνες 7-8: SC – Structures. Copyrighted.

Εικόνες 9-10-11: Shear Bands(Micaceous Rocks). Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/4)

Εικόνες 12-13-14: Shear Band Geometry. Copyrighted.

Εικόνα 15: S/C fabrics. Copyrighted.

Εικόνα 16: C'-type shear band cleavage. Copyrighted.

<http://www.brynmawr.edu/geology/204/SZ.pdf>

Εικόνα 17: Copyrighted.

Εικόνα 18: S-C Fabric in Mylonite. Copyrighted.

<http://www.rci.rutgers.edu/~schlisch/structureslides/SCfabric.jpg>

Εικόνα 19: Copyrighted.

Εικόνες 20-21-22: Mica Fish. Copyrighted.

Εικόνα 23: S-C Fabric. Copyrighted.

http://geode.colorado.edu/~structure/teaching_GEOL3120/coursenotes/Shear%20criteria.pdf



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/4)

Εικόνα 24: Mantled Porphyroclasts. Copyrighted.

<http://www.brynmawr.edu/geology/204/SZ.pdf>

Εικόνες 25-26-27-28-29-30: Mantled Porphyroclasts. Copyrighted.

Εικόνα 31: Mantled Porphyroclasts. Copyrighted.

<http://www.brynmawr.edu/geology/204/SZ.pdf>

Εικόνα 32: Fractured Porphyroclast. Public domain.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pic3-1.1.jpg>

Εικόνα 33: Fractured Porphyroclast. Copyrighted.

<http://www.rci.rutgers.edu/~schlisch/structureslides/fracturedclast2.jpg>

Εικόνα 34: Stacked Porphyroclasts. Copyrighted.

<http://folk.uib.no/nglhe/PhotoAlbum/Shear%20zones,%20Chapter%2015/index.html>

Εικόνα 35: Asymmetric Boudinage. Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/4)

Εικόνα 36: Sheath Folds. Copyrighted.

Εικόνα 37: Sheath Folds. Copyrighted. http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/ichihara/vp2007plan/15ShearZones.files/Fig12_29.jpg

Εικόνα 38: Cross-sectional view of sheath folds, Naxos, Greece. Copyrighted. <http://www.rci.rutgers.edu/~schlisch/structureslides/sheath.gif>

Εικόνα 39: A sheath fold. Copyrighted.

http://www.see.leeds.ac.uk/structure/assyntgeology/geology/deformation/moine_deformation/moine08.jpg

Εικόνα 40: Riedel Shears. Copyrighted.

Εικόνες 41 έως 54: Copyrighted.

<http://folk.uib.no/nglhe/PhotoAlbum/Shear%20zones,%20Chapter%2015/index.html>

