



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Μικροτεκτονική - Τεκτονική Ανάλυση

Ενότητα 1: Πορφυροβλάστες

Στυλιανός Λόζιος

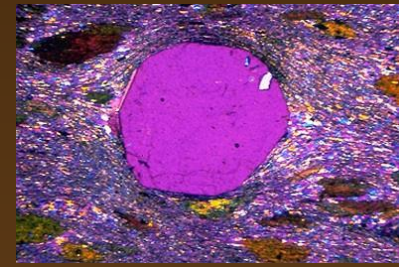
Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος



Παρουσίαση

7



Πορφυροβλάστες

Porphyroblasts



ΠΟΡΦΥΡΟΒΛΑΣΤΕΣ

Σχετικά μεγάλοι κρύσταλλοι μέσα σε μία κύρια μάζα με σαφώς μικρότερο μέγεθος κόκκου

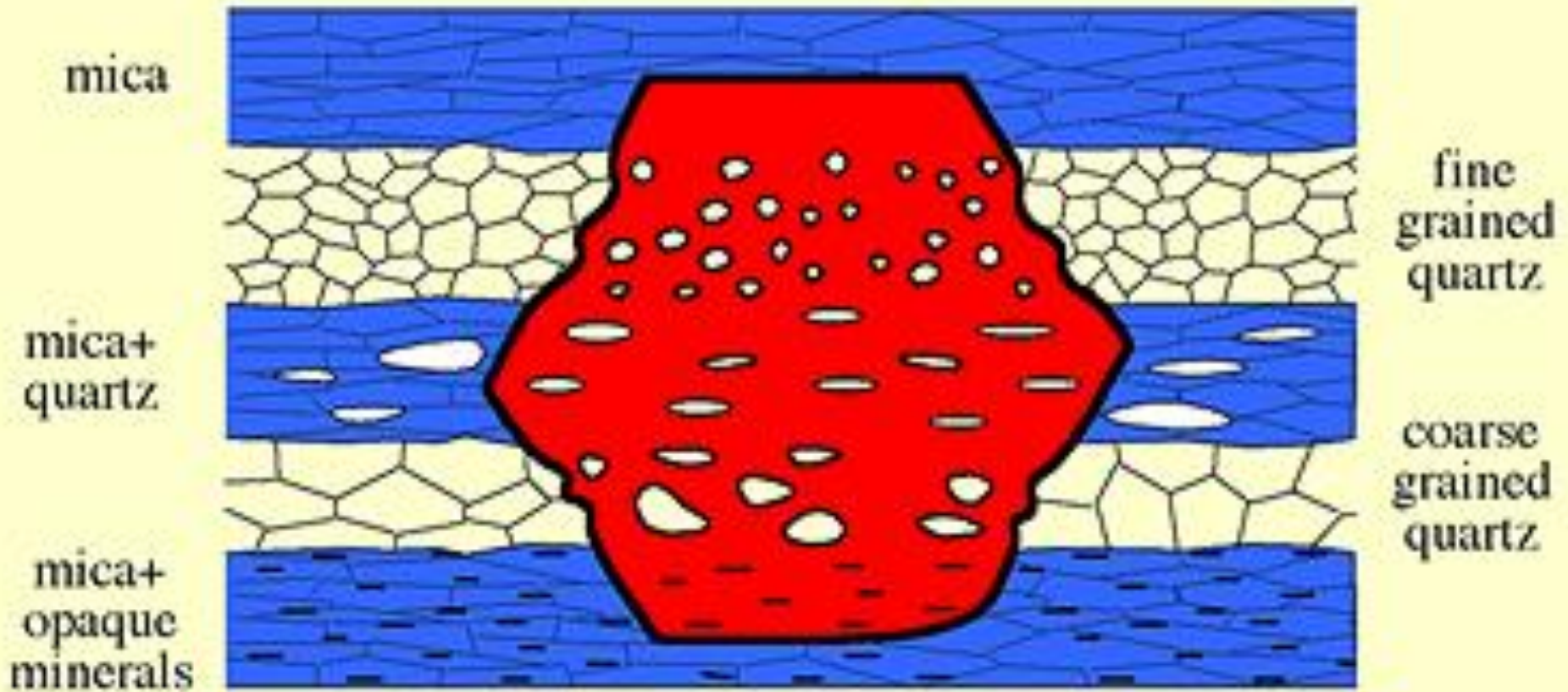
Έχουν δημιουργηθεί κατά τη μεταμορφωση =>

Προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες για την τεκτονική μίας περιοχής και τη μεταμορφική εξέλιξη των πετρωμάτων

Συχνά έχουν εγκλείσματα (inclusions) τα οποία σχηματίζουν συγκεκριμένα σχήματα (inclusion patterns) που σχετίζονται με τις δομές που αναπτύσσονται κατά τη μεταμόρφωση.

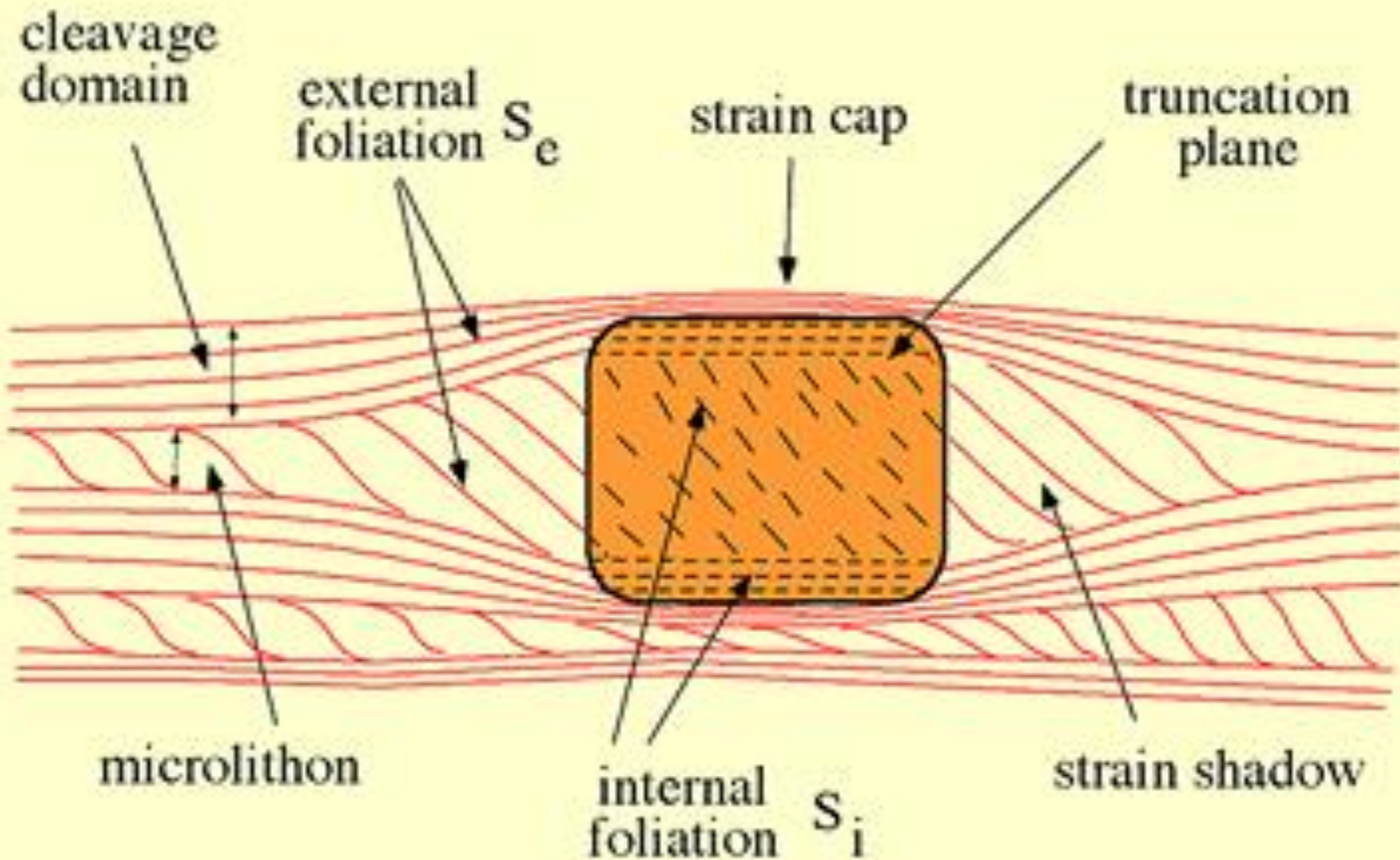
P-T-D-t path

Ανάπτυξη πορφυροβλαστών



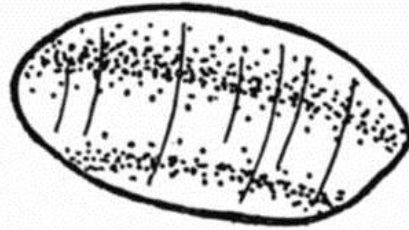
Κρύσταλλος γρανάτη που αναπτύσσεται εις βάρος μαρμαρυγιών ενώ οι κόκκοι χαλαζία παραμένουν ως εγκλείσματα
Δημιουργούν ένα σχηματότυπο εγκλεισμάτων(inclusion pattern)

Ορολογία πορφυροβλαστών

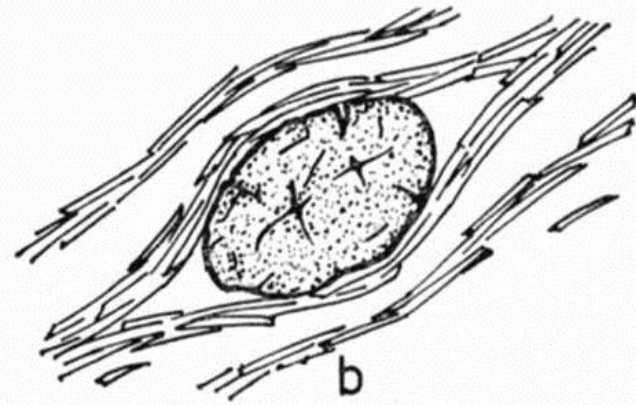


Pre-kinematic crystals

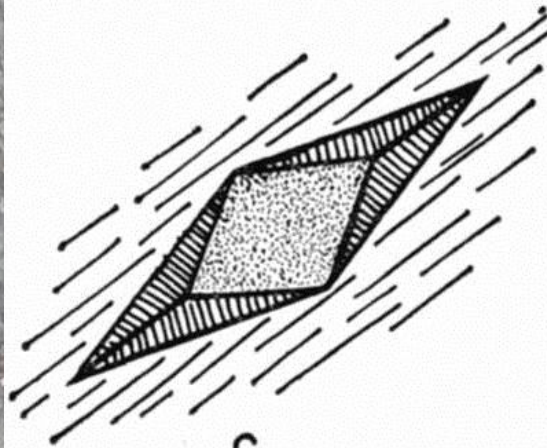
- a. Bent crystal with undulose extinction
- b. Foliation wrapped around a porphyroblast
- c. Pressure shadow or fringe
- d. Kink bands or folds
- e. Microboudinage
- f. Deformation twins



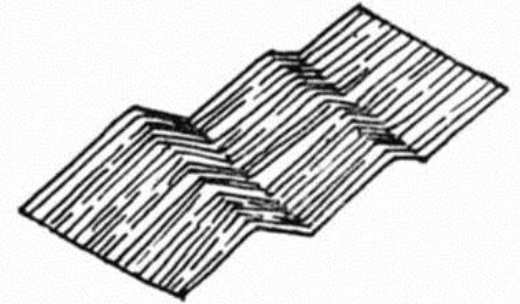
a



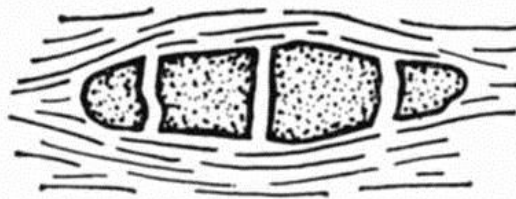
b



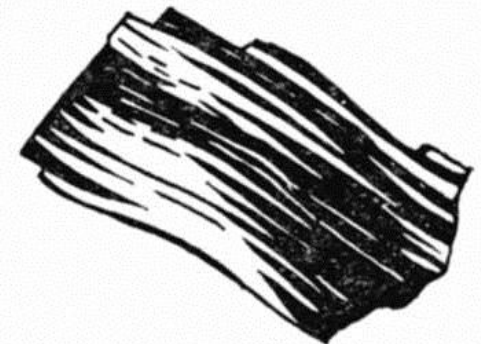
c



d

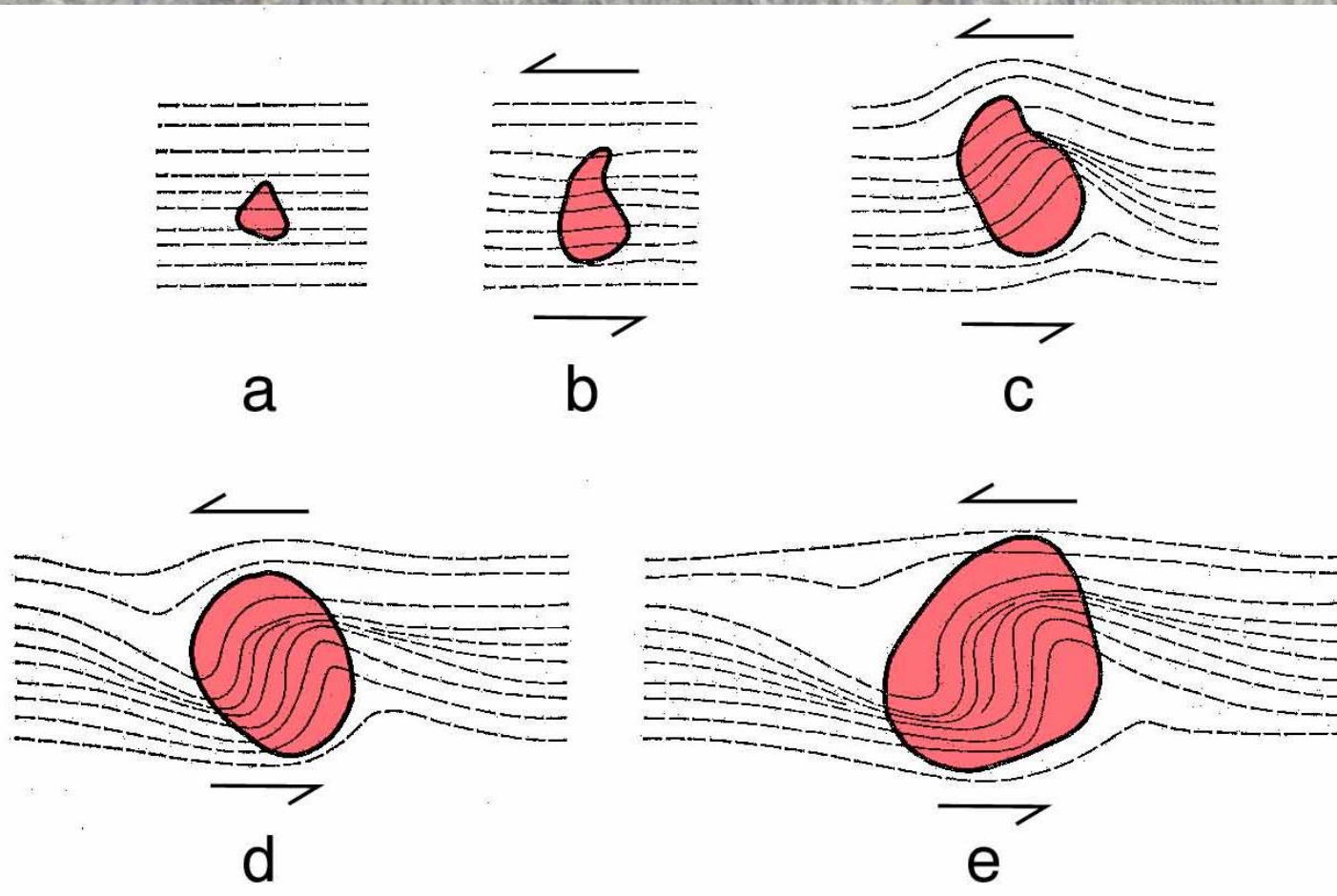


e



f

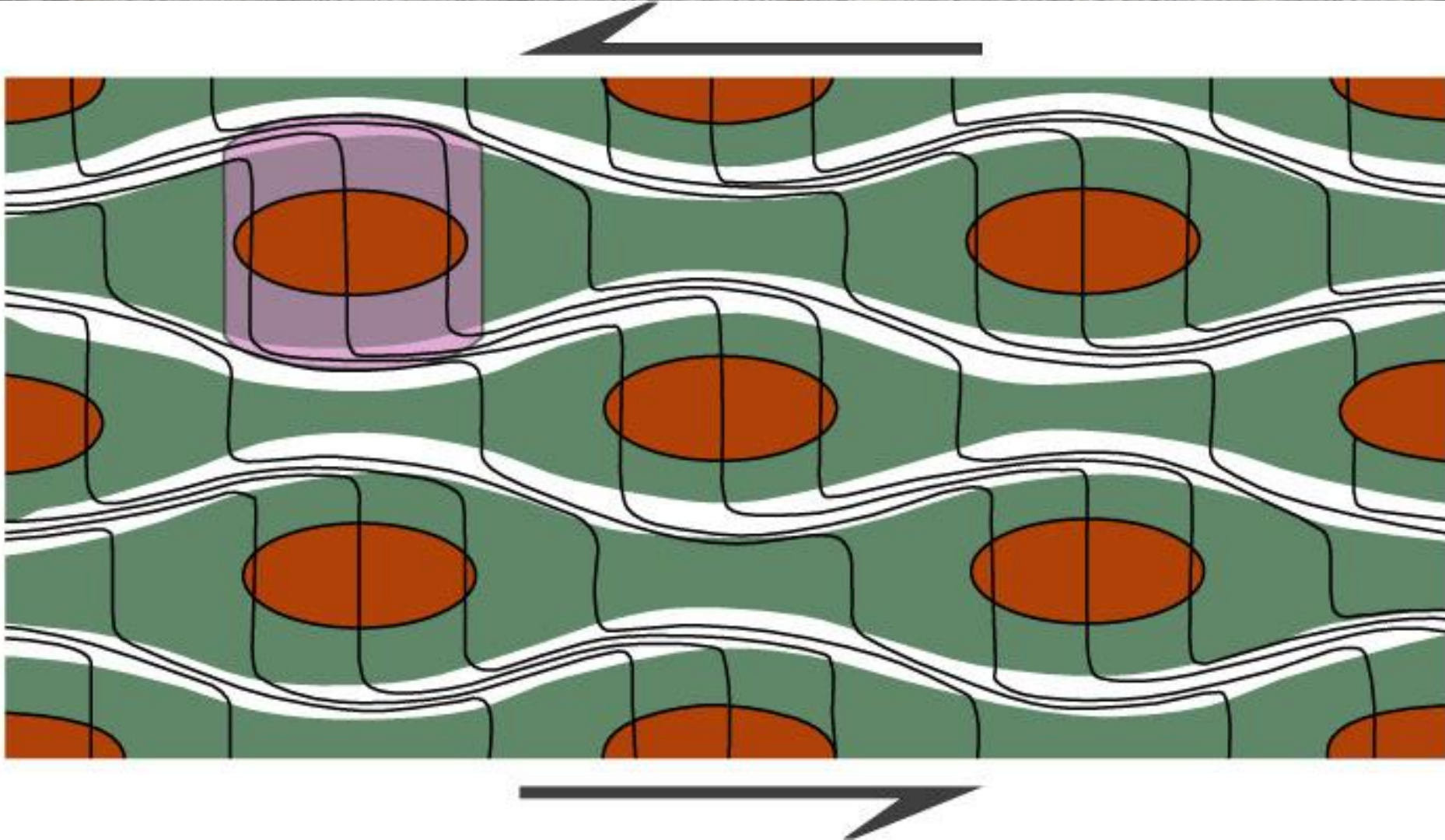
Syn-kinematic crystals Spiral Porphyroblast



Traditional interpretation of spiral S_i train in which a porphyroblast is rotated by shear as it grows.



Σχετικά μεγάλοι κρύσταλλοι μέσα σε μία κύρια μάζα με σαφώς μικρότερο μέγεθος κόκκου



Post-kinematic crystals

a. Helicitic folds

b. Randomly oriented crystals

c. Polygonal arcs

d. Chiasmolite

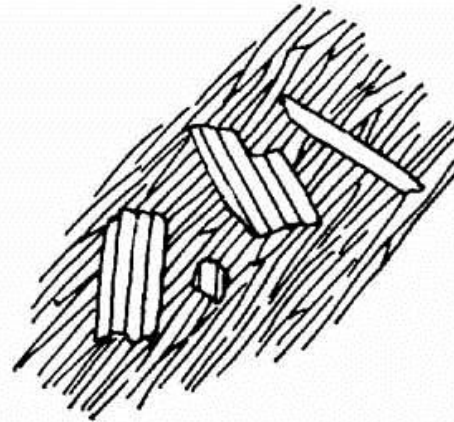
e. Late, inclusion-free rim on a

poikiloblast (?)

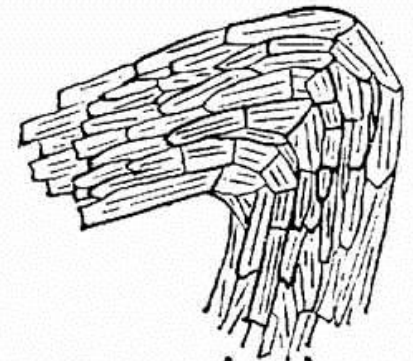
f. Random aggregate pseudomorph



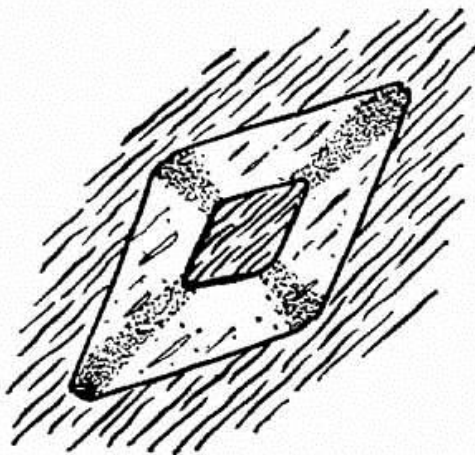
(a)



(b)



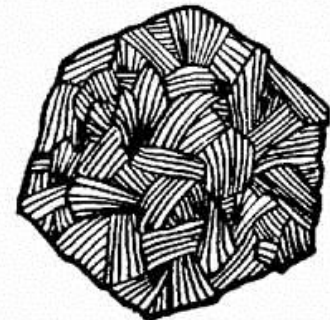
(c)



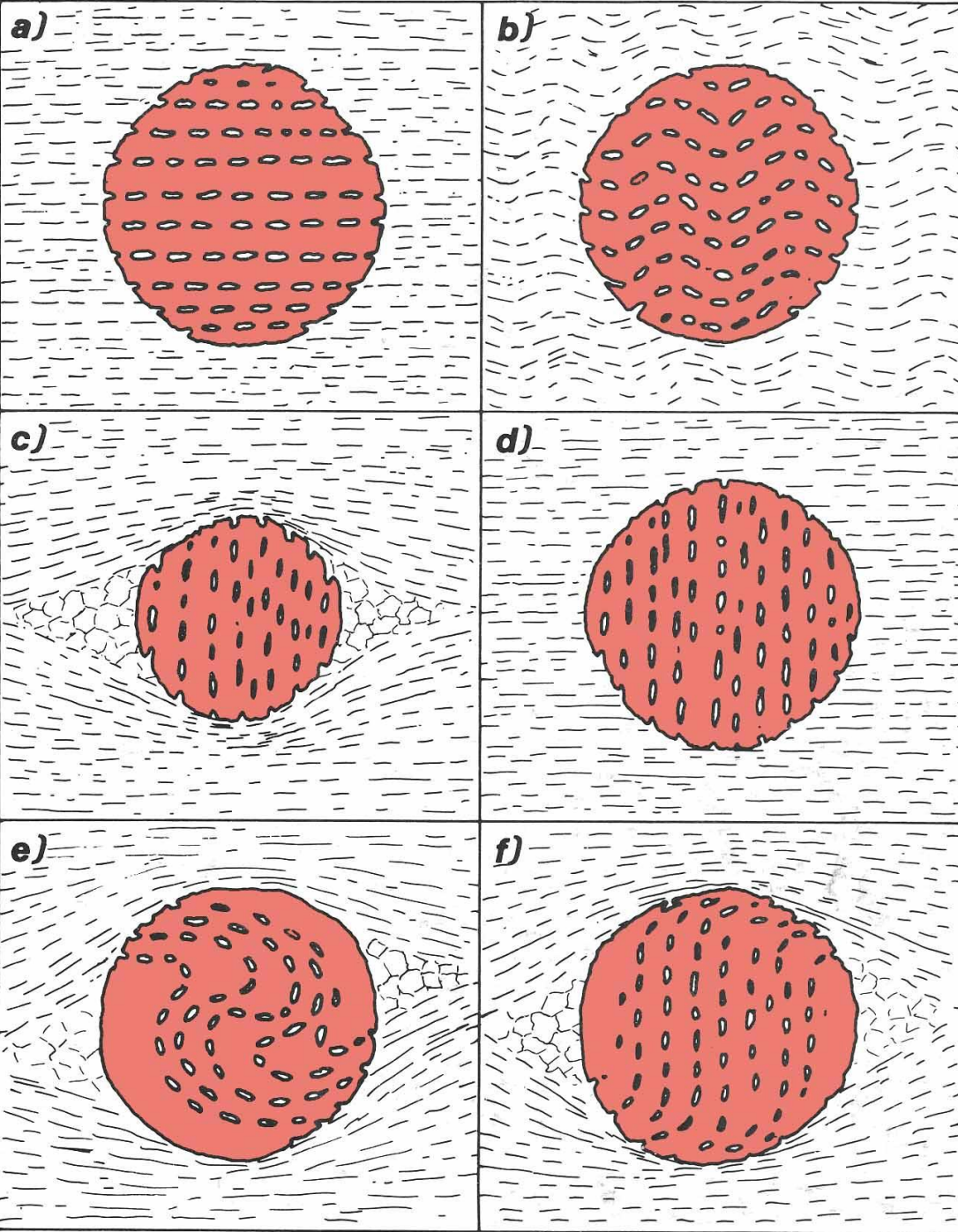
(d)



(e)



(f)



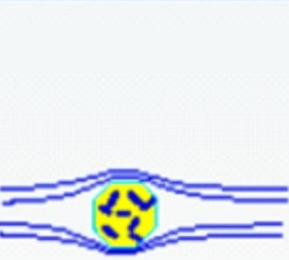
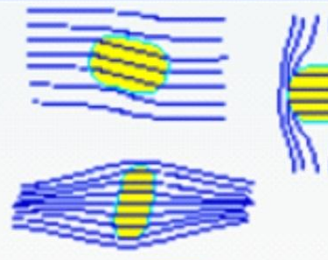
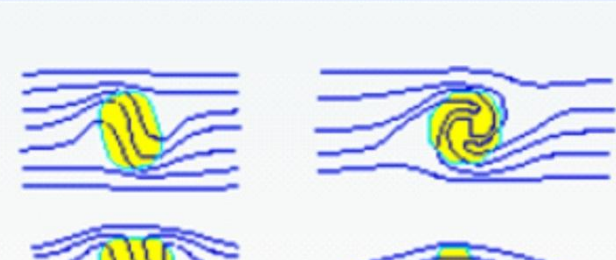

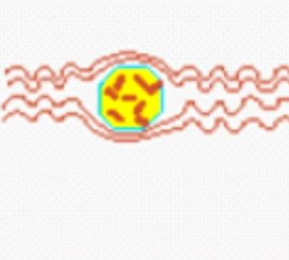
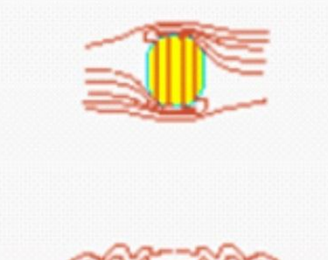

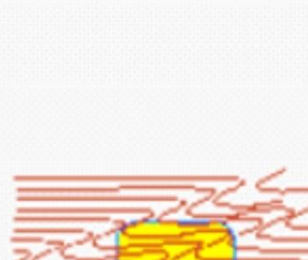
Post-kinematic: S_i is identical to and continuous with S_e

Pre-kinematic: Porphyroblasts are post- S_2 . S_i is inherited from an earlier deformation. S_e is compressed about the porphyroblast in (c) and a pressure shadow develops.

Syn-kinematic: Rotational porphyroblasts in which S_i is continuous with S_e suggesting that deformation did not outlast porphyroblast growth.

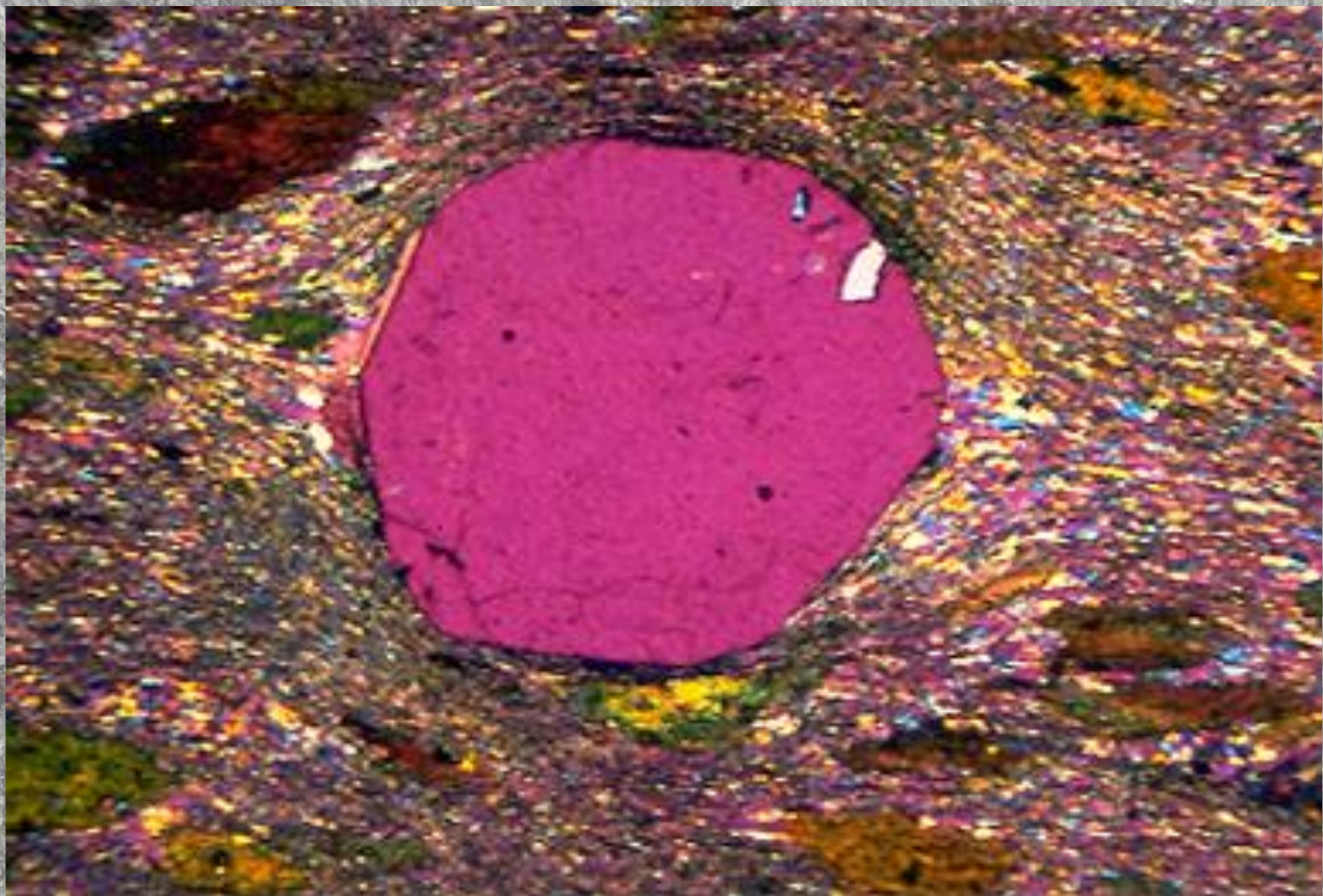
- Growth interval of mineral P
post-tectonic with respect to D_n $D_n < P$
- Growth interval of mineral P
pre-tectonic with respect to D_1 $P < D_1$
- Growth interval of mineral P
syntectonic with respect to D_n $D_n \supset P$
- Growth interval of mineral P
syn- to post-tectonic with respect to D_n $D_n \leq P$
- Growth interval of mineral P
intertectonic between D_n and D_{n+1} $D_n < P < D_{n+1}$
- Growth interval of mineral P
post D_n and pre to syn D_{n+1} $D_n < P \leq D_{n+1}$

Διάκριση πορφυροβλαστών

| $P_1 < D_1$ | $D_n < P_m < D_{n+1}$ | $D_n > P_m$ | $D_n < P_m$ | |
|---|--|---|--|----------------------|
| προτεκτονικοί | διατεκτονικοί | συντεκτονικοί | μετατεκτονικοί | |
|  <p>a</p> |  <p>c</p> |  <p>e</p> |  <p>g</p> | Χωρίς πτύχωση της Se |
|  <p>b</p> |  <p>d</p> |  <p>f</p> |  <p>h</p> | |

Συνήθεις οι πιεζοσκιές
 Εκτροπή της Se γύρω από τους πορφυροβλάστες
 Απαιτείται εξέταση της Si για να διακριθούν σε προ- δια- και συντεκτονικούς

Όχι πιεζοσκιές
 Όχι εκτροπή της Se

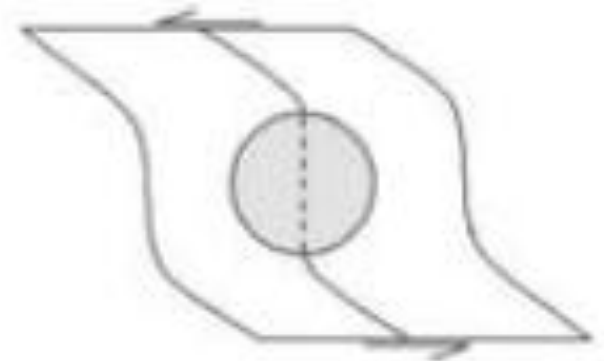
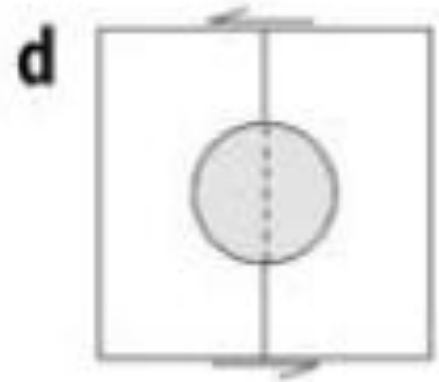
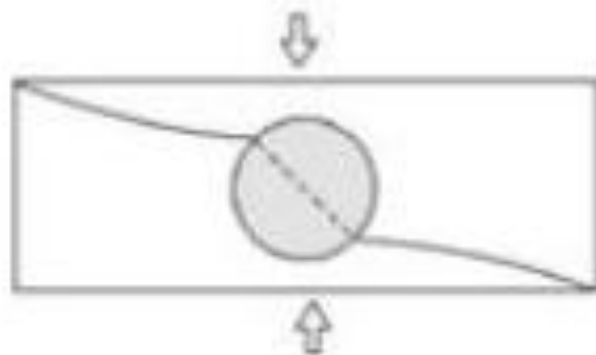
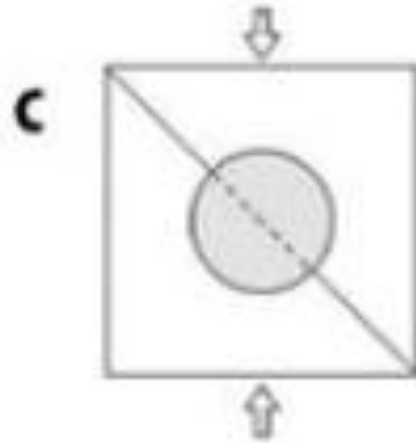
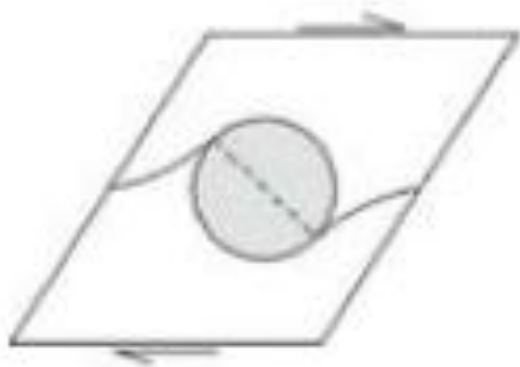
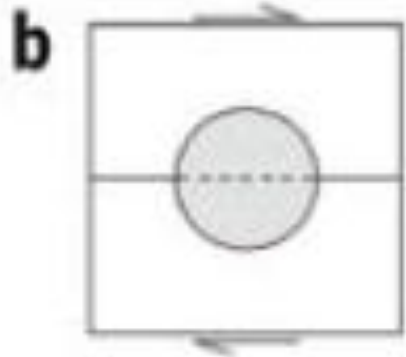
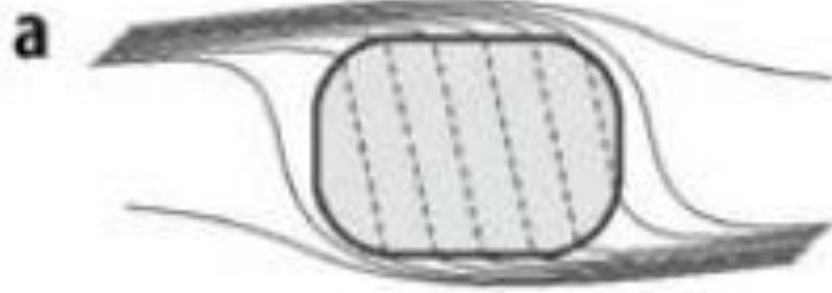


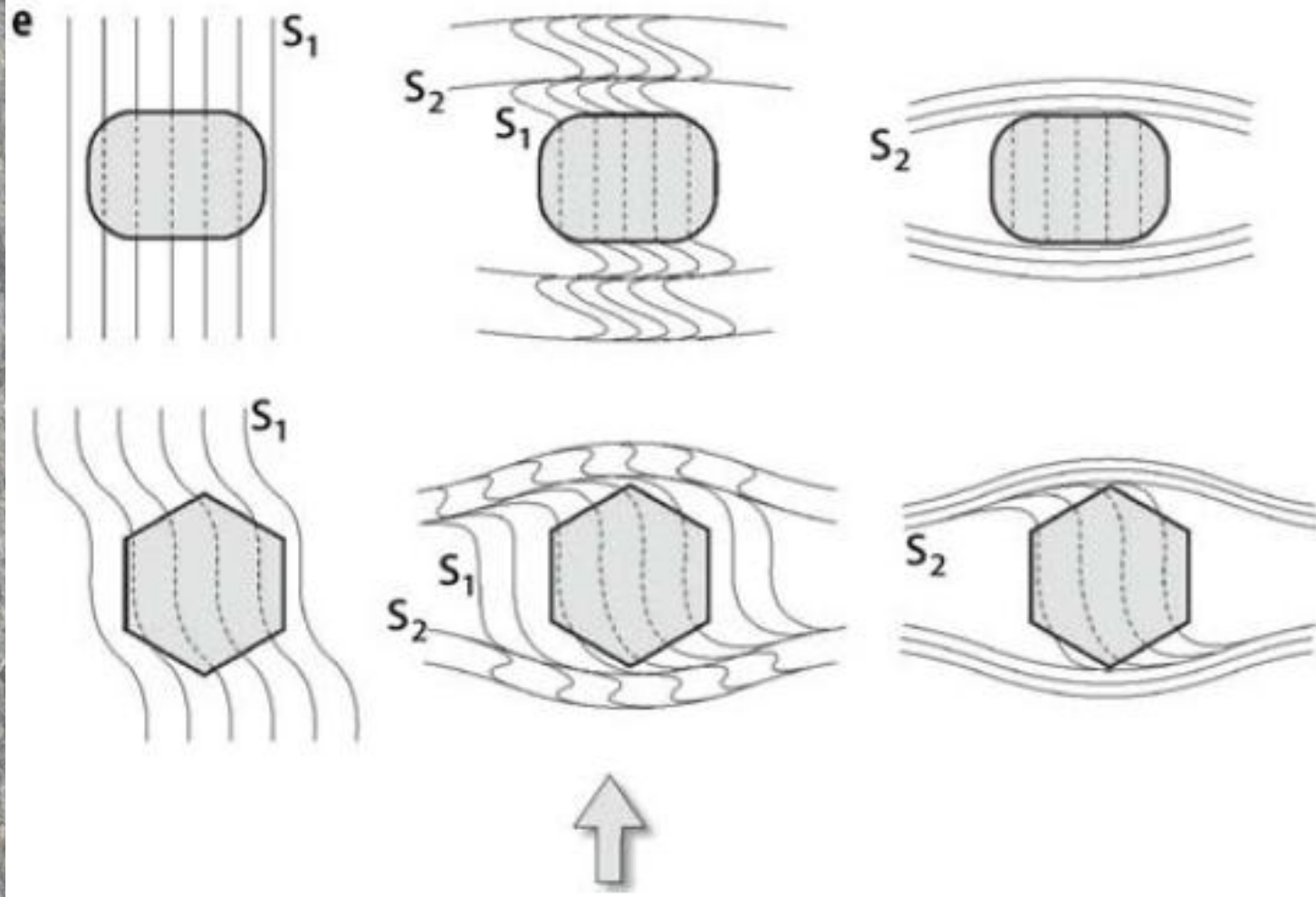


Intertectonic garnet porphyroblast in garnet-mica schist.

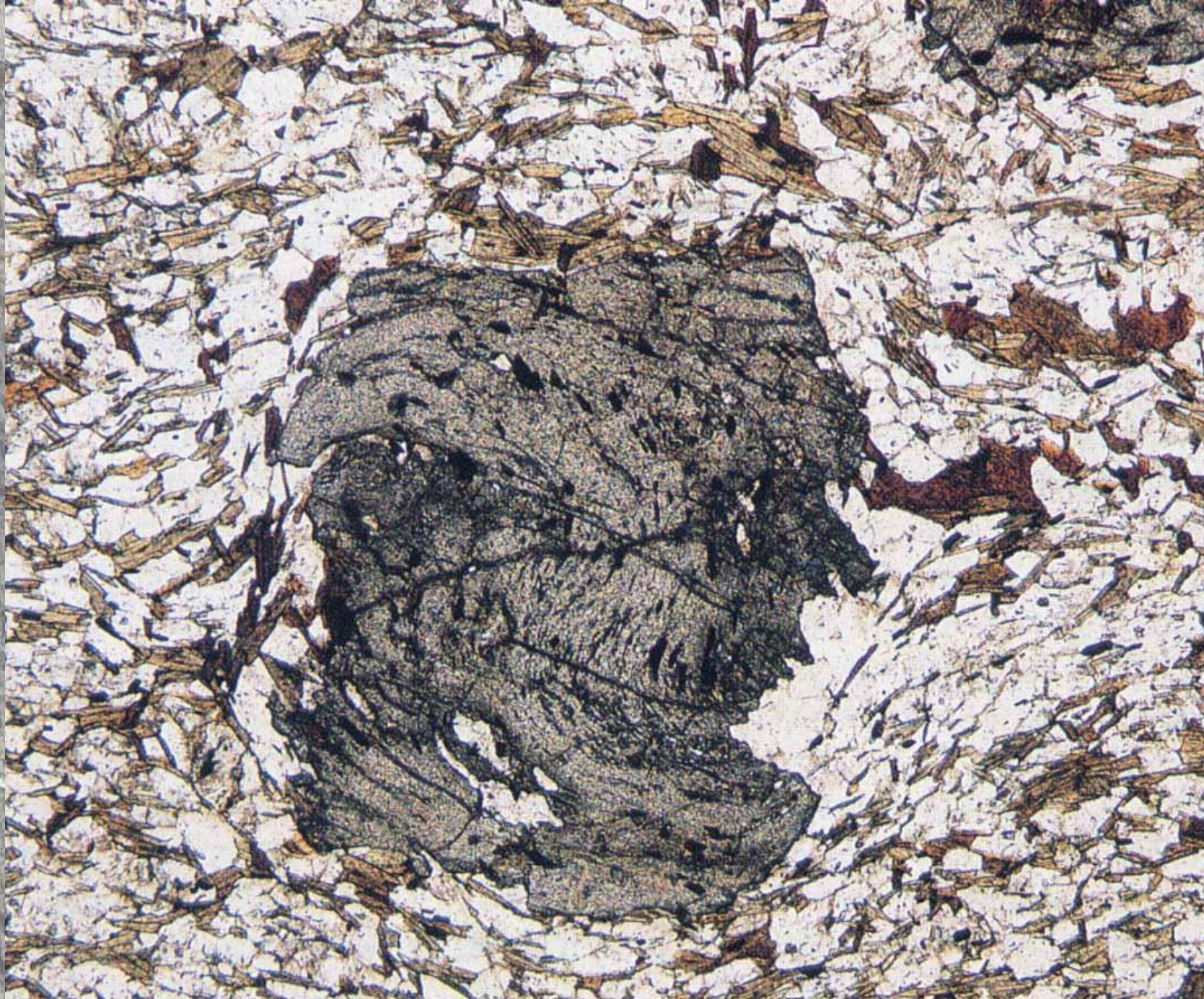


Intertectonic or syntectonic hornblend?.

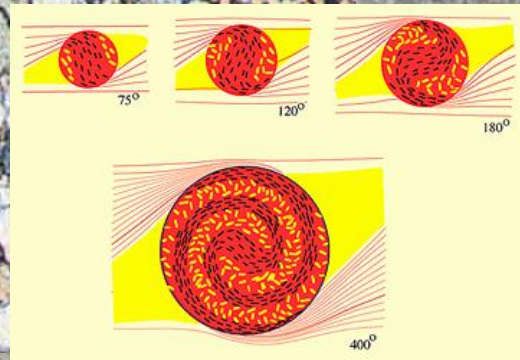
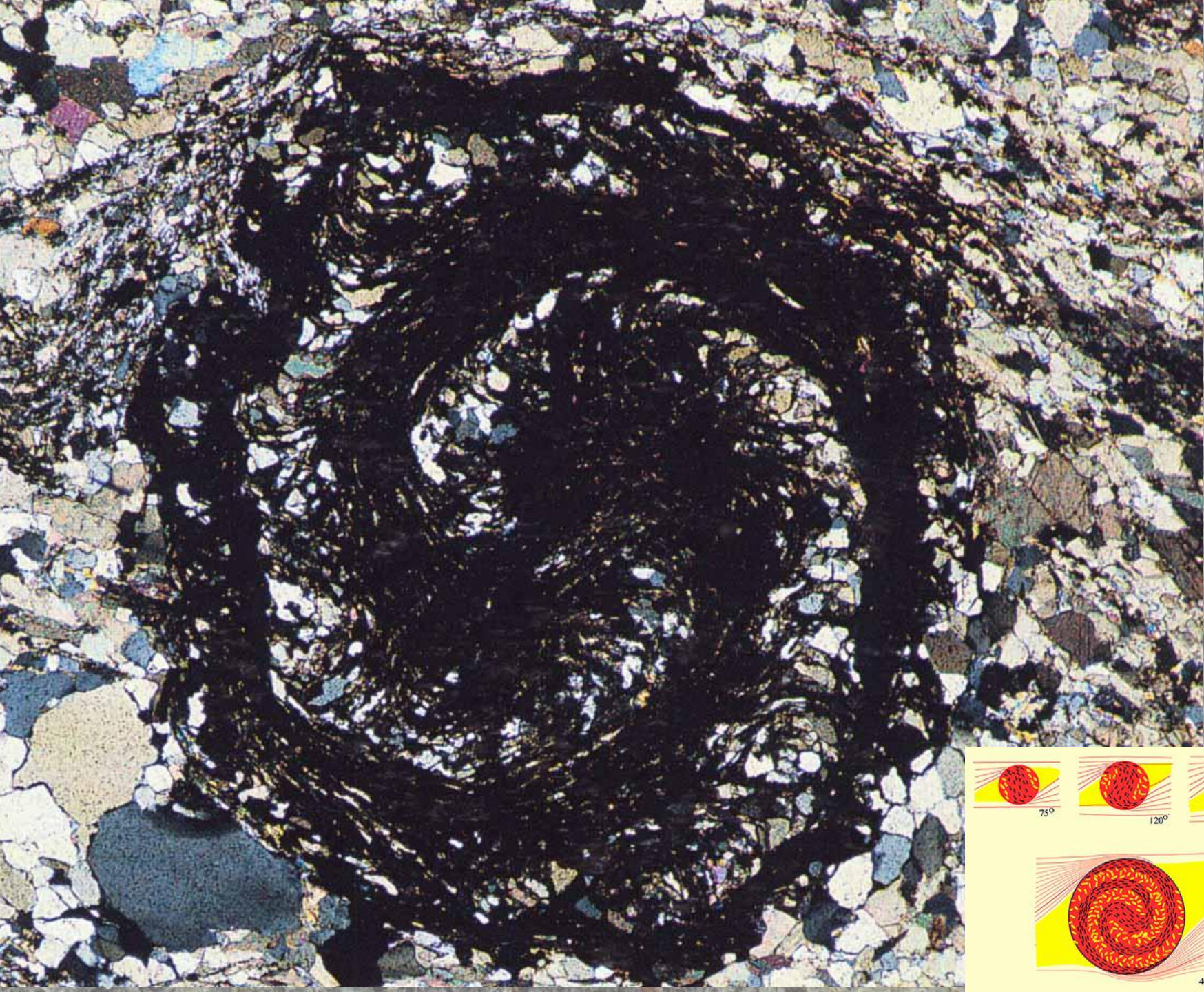


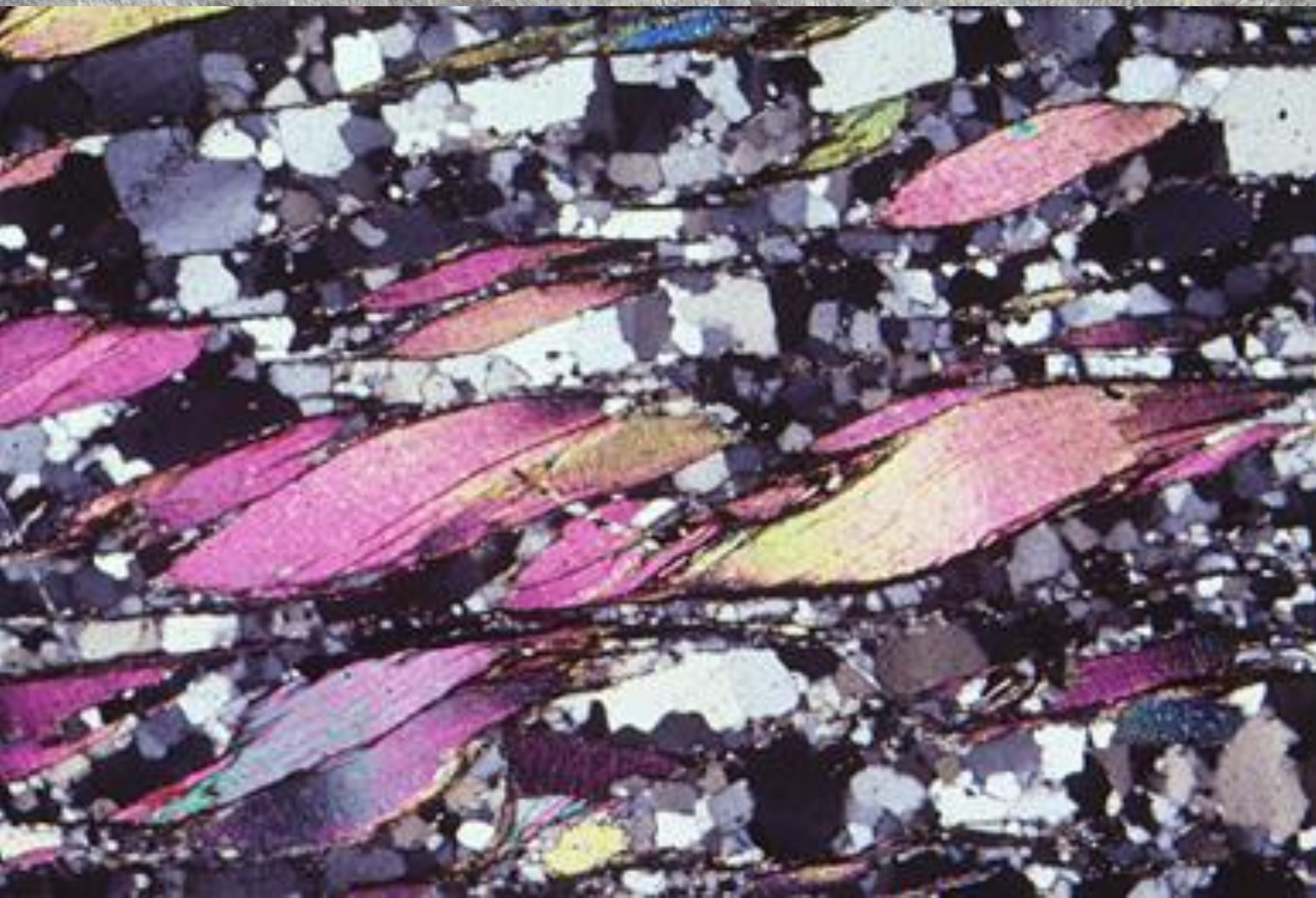


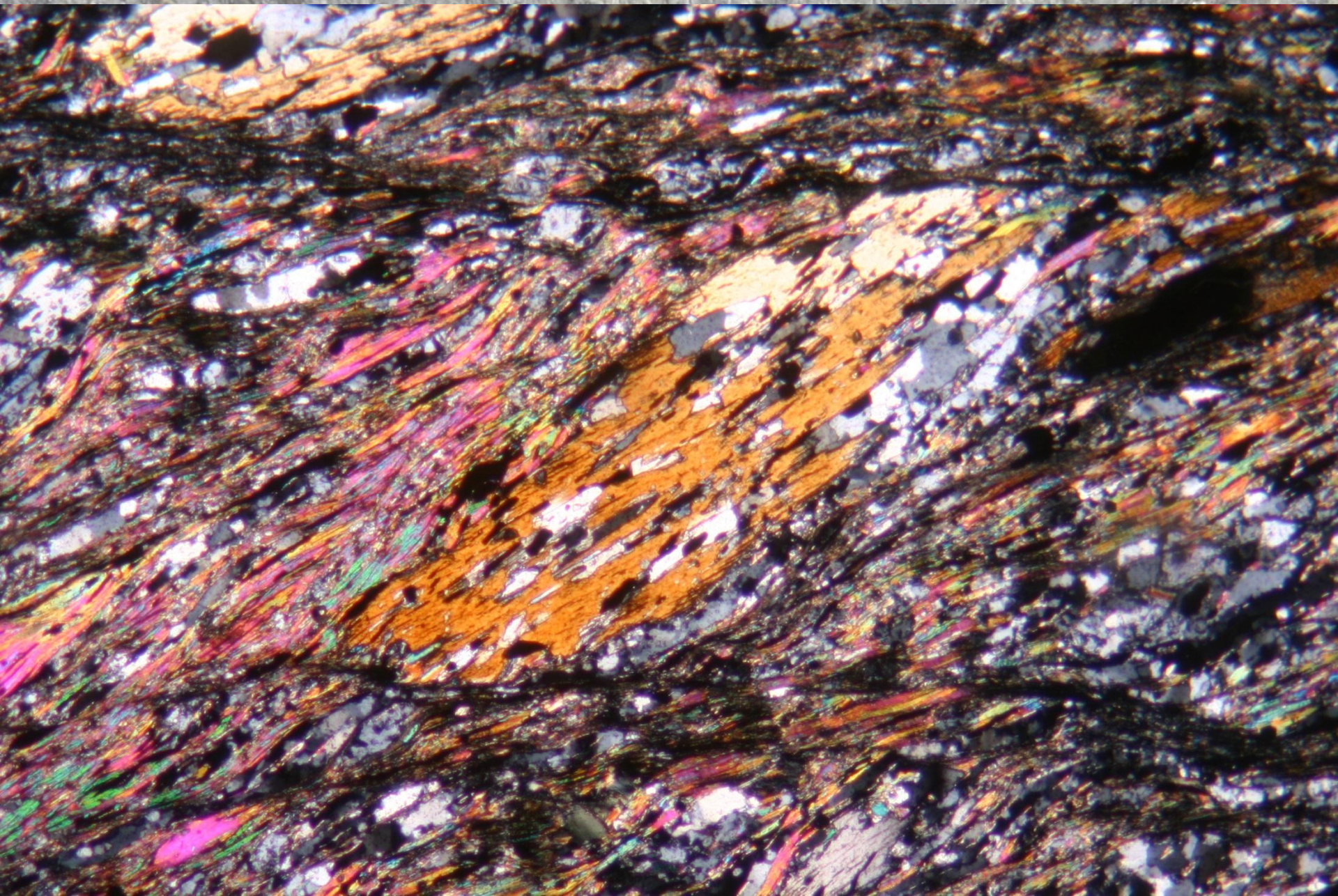
Progressive development of crenulation cleavage around a stationary porphyroblast
Intertectonic vs early Syntectonic



ΠΟΡΦΥΡΟΒΛΑΣΤΕΣ





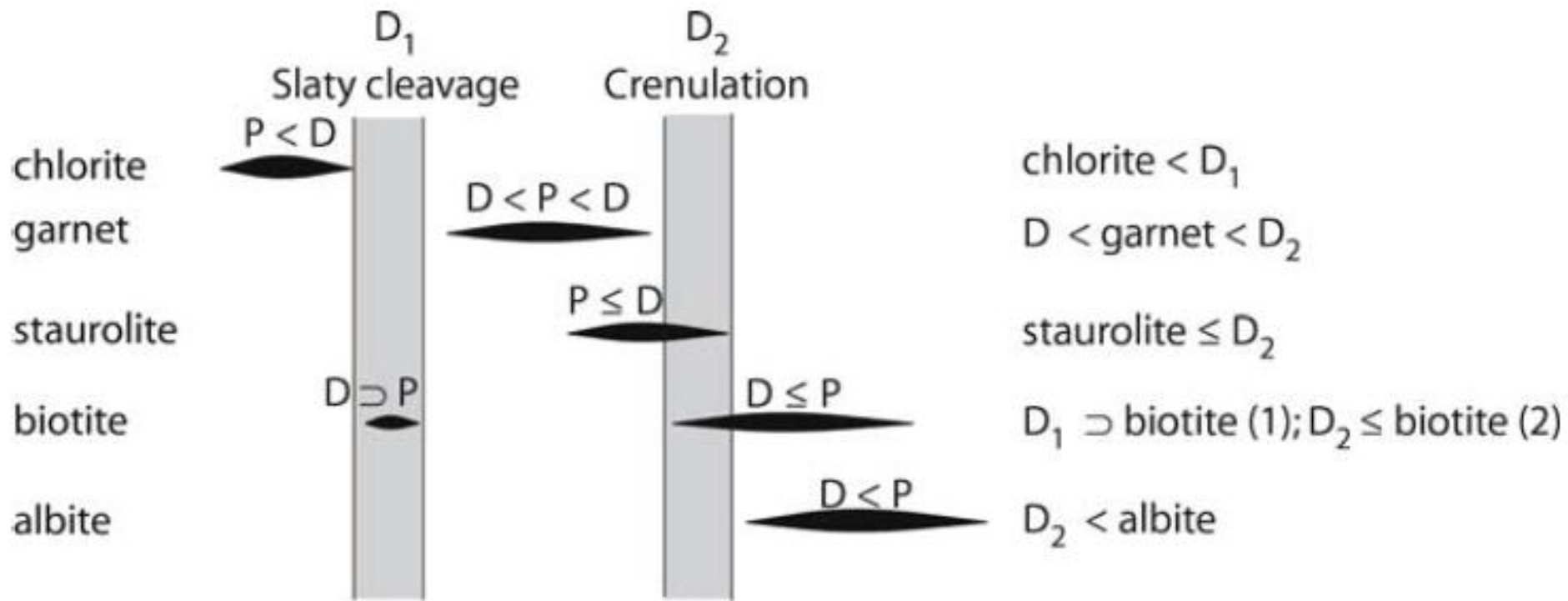




Pre- Inter- or syntectonic garnet?.



Pre- Inter- or syntectonic chloritoid?.



Example of a relative age diagram for a single thin section of a micaschist. Chlorite is pre-D₁; garnet is intertectonic between D₁ and D₂. Staurolite is pre-syn D₂ and biotite has two growth phases, one syn-D₁ and the other syn-post-D₂. Albite grows post-D₂.

Περίβλημα Αντιδράσεων Reaction rim Κελυφικές ή Στεμματικές δομές Coronas

Μερική αντικατάσταση ορυκτών κατά την εξέλιξη της μεταμόρφωσης
=> μεμονωμένες και απομονωμένες ζώνες συνήθως στα όρια των κόκκων

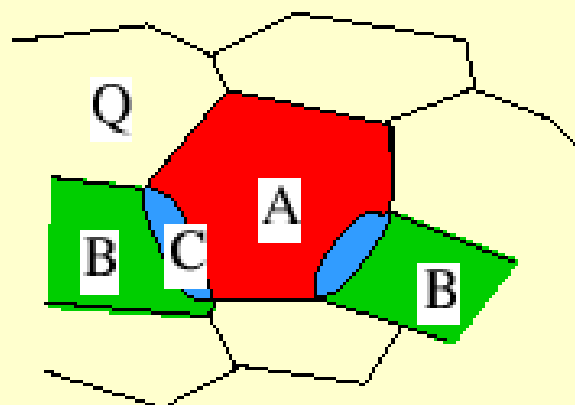
Σημαντικές πληροφορίες για τον προσδιορισμό των μεταμορφικών αντιδράσεων, είτε προϊούσας είτε ανάδρομης μεταμόρφωσης.

Σε γενικές γραμμές η πρόοδος των μεταμορφικών αντιδράσεων συνδέεται άμεσα με την παρουσία ρευστών φάσεων στα όρια των κόκκων μέσω των οποίων μεταφέρονται τα ιόντα.

Περίβλημα Αντιδράσεων Reaction rims Κελυφικές ή Στεμματικές δομές Coronas

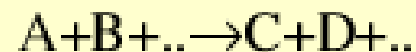
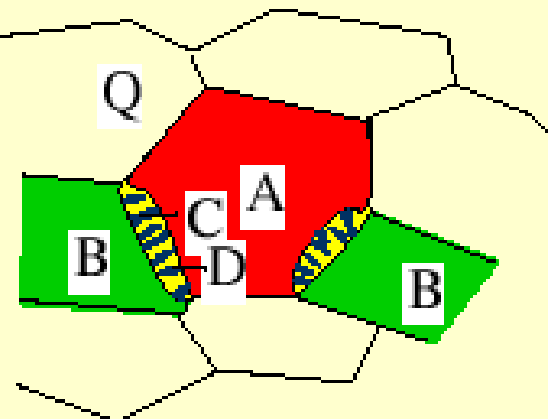
monomineralic
reaction rim

a)



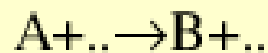
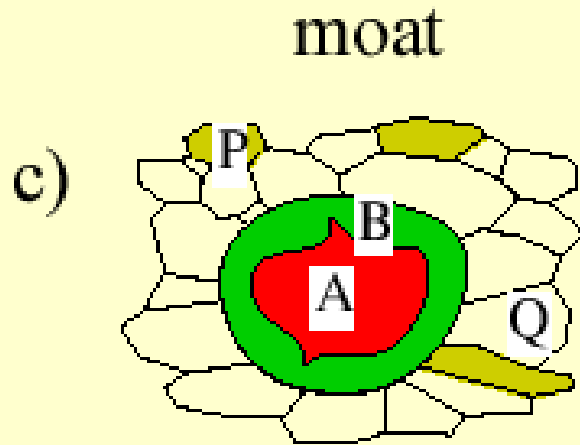
polymineralic
reaction rim

b)

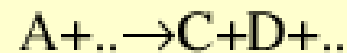
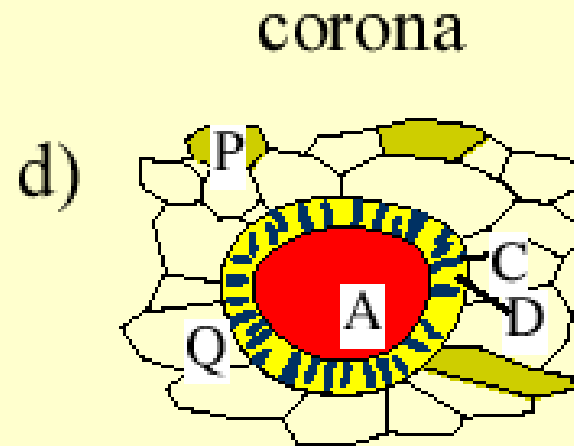


Περίβλημα Αντιδράσεων Reaction rims Κελυφικές ή Στεμματικές δομές Coronas

Κελυφικές ή στεμματικές δομές => Δακτυλιοειδές περίβλημα αντιδράσεων => απομονώνει τον πορφυροβλάστη από την κύρια μάζα



Μονοορυκτολογικό περίβλημα =>
κέλυφος (moat = τάφρος)



Πολυορυκτολογικό περίβλημα =>
στέμμα ή κορώνα (corona)

Συμπλεκτικές κορόνες => Ταυτόχρονη κρυστάλλωση δύο ορυκτών

ΖΩΝΩΣΗ

Ειδική περίπτωση περιβλήματος μεταμορφικών αντιδράσεων

Χημική διαφοροποίηση ορατή μέσω των οπτικών ιδιοτήτων στο μικροσκόπιο (πλεοχρωσμός, κατάσβεση)

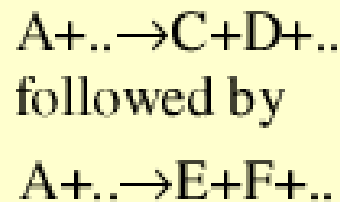
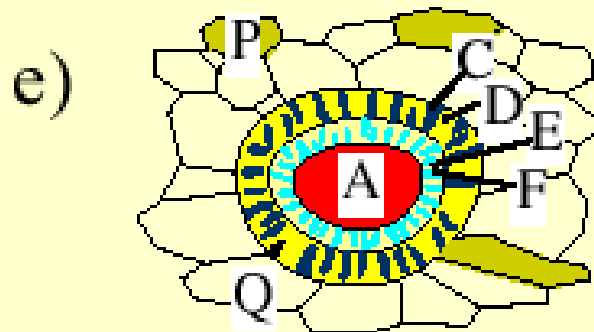
Δύο κύριοι μηχανισμοί (υπάρχουν και άλλοι)

Ζώνωση κατά την κρυστάλλωση του κόκκου => αντικατοπτρίζει τις αλλαγές στις P-T πχ γρανάτες (SEM) ή ζιρκόνια (LA-ICP-MS)

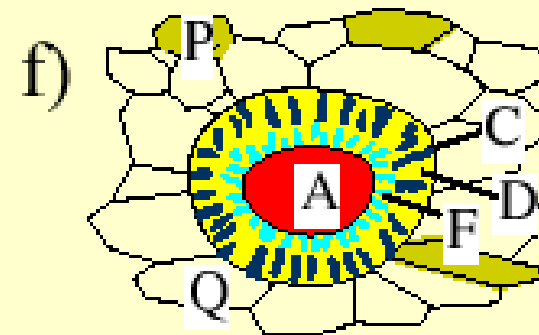
Ζώνωση λόγω αντιδράσεων με ανταλλαγή ιόντων. Από την περιφέρεια προς το εσωτερικό του κόκκου

Περίβλημα Αντιδράσεων Reaction rims Κελυφικές ή Στεμματικές δομές Coronas

double corona
(reaction controlled)



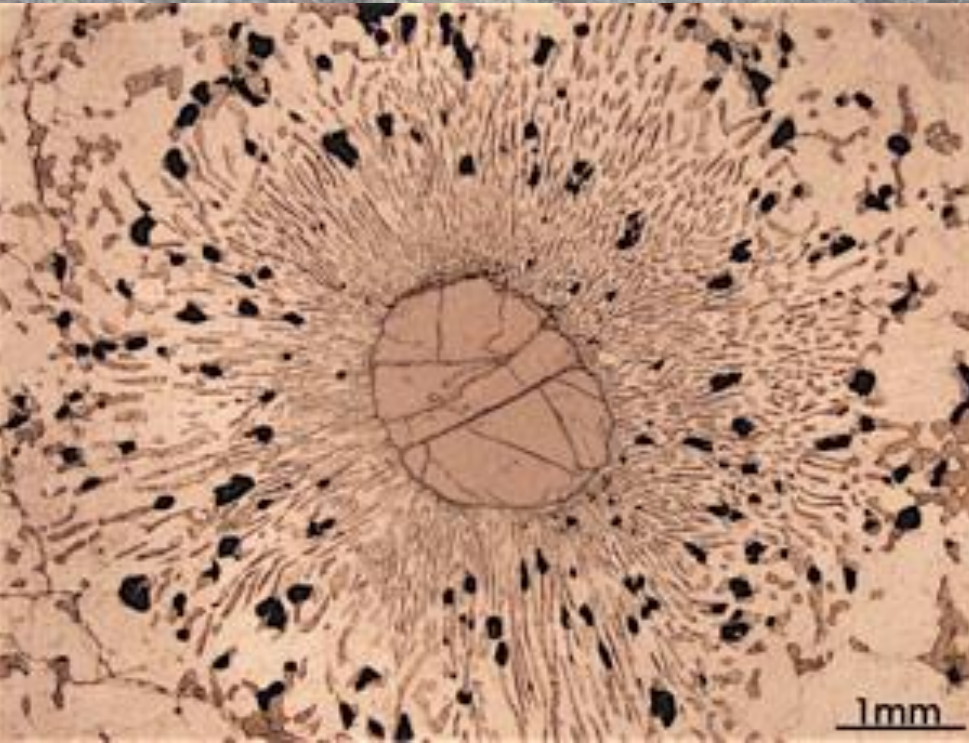
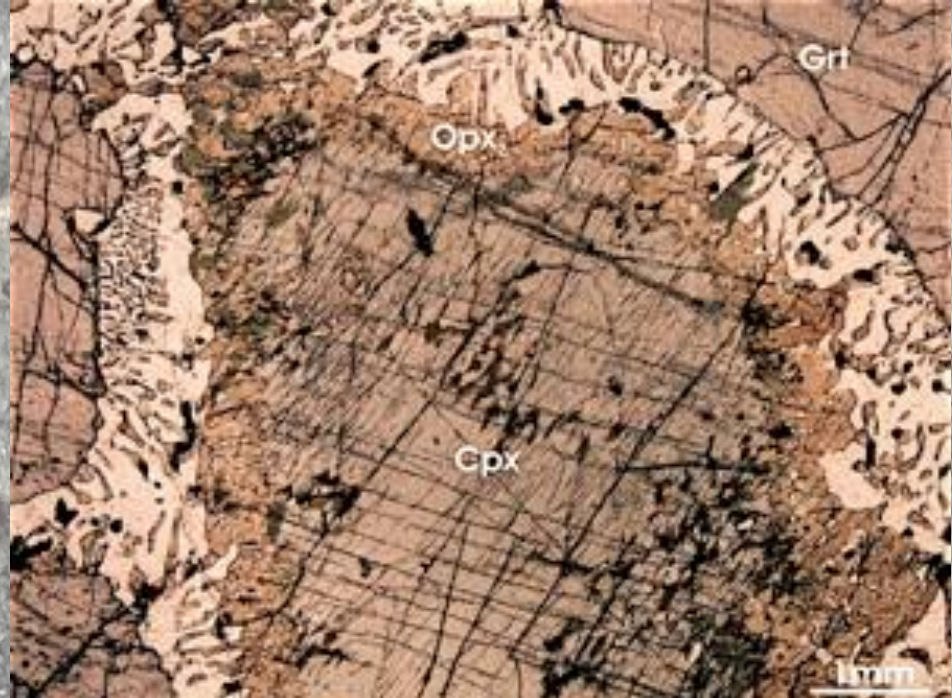
double corona
(diffusion controlled)



Περίβλημα Αντιδράσεων Reaction rim

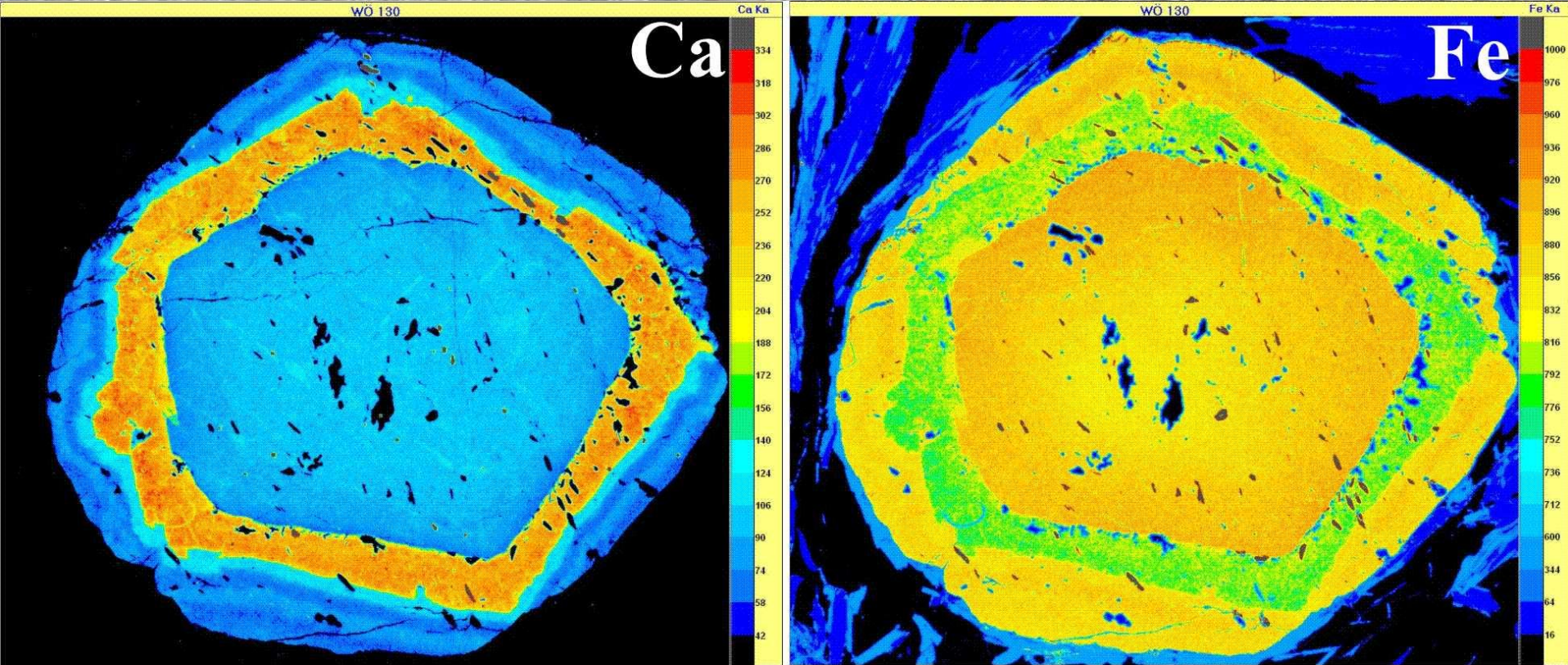


Διπλή στεμματική δομή γύρω από πορφυροβλάστη γρανάτη
Άσπρο=πλαγιόκλαστο
μαύρο= κερροσίλβη

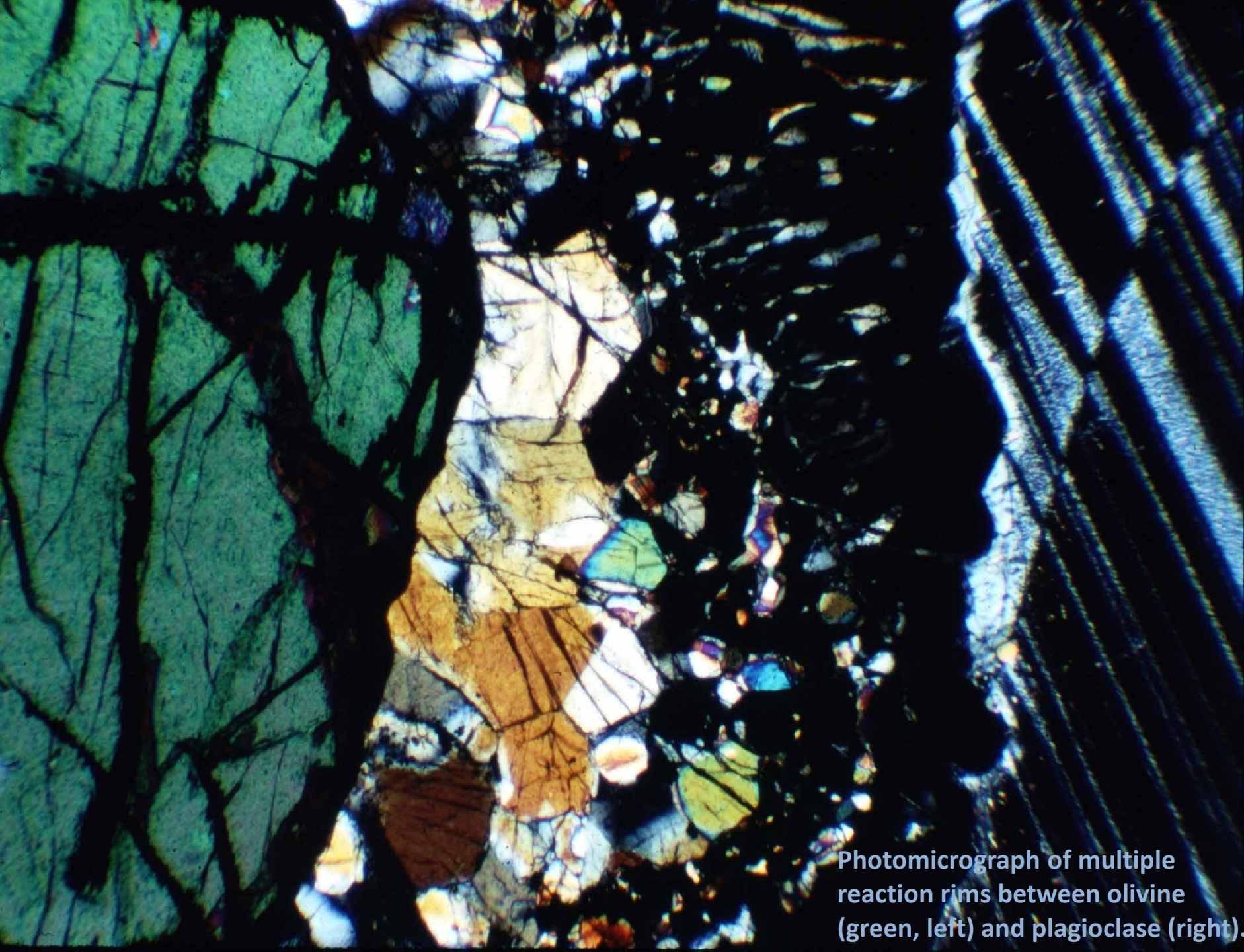


ΖΩΝΩΣΗ

Ζώνωση κατά την κρυστάλλωση του κόκκου => αντικατοπτρίζει τις αλλαγές στις P-T => γρανάτες (SEM)



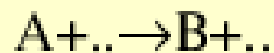
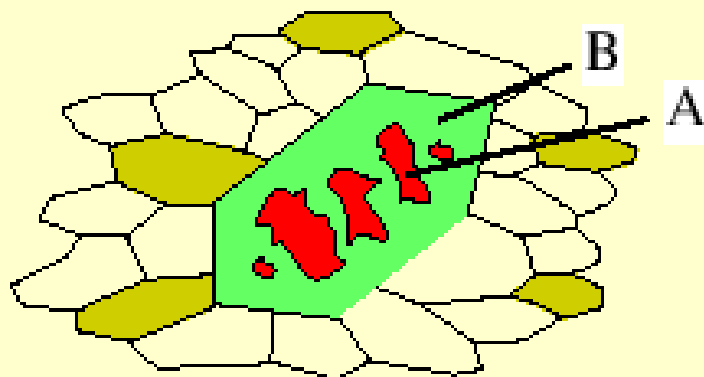
Κρυστάλλωση σε προαλπικό γρανάτη ζώνης πιο πλούσιας σε Ca και φτωχότερης σε Fe κατά την Αλπική HP/LT μεταμόρφωση, ανάτη



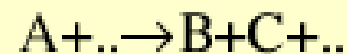
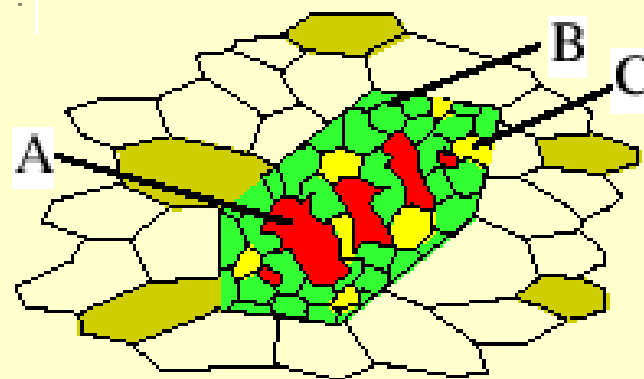
Photomicrograph of multiple reaction rims between olivine (green, left) and plagioclase (right).

Περίβλημα Αντιδράσεων Reaction rims Κελυφικές ή Στεμματικές δομές Coronas

g) pseudomorphic replacement of A by B



h) pseudomorphic replacement of A by B+C

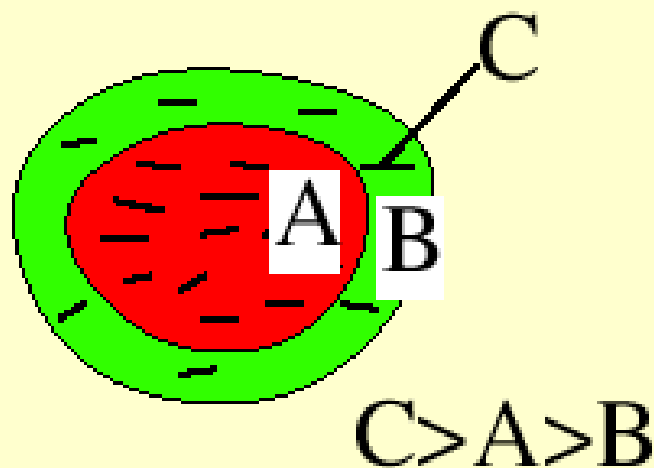


Ψευδομορφικές αντικαταστάσεις που οδηγούν σε κορώνες
Τα όρια του αρχαιότερου κόκκου A έχουν κοίλη μορφή

Περίβλημα Αντιδράσεων Reaction rims Κελυφικές ή Στεμματικές δομές Coronas

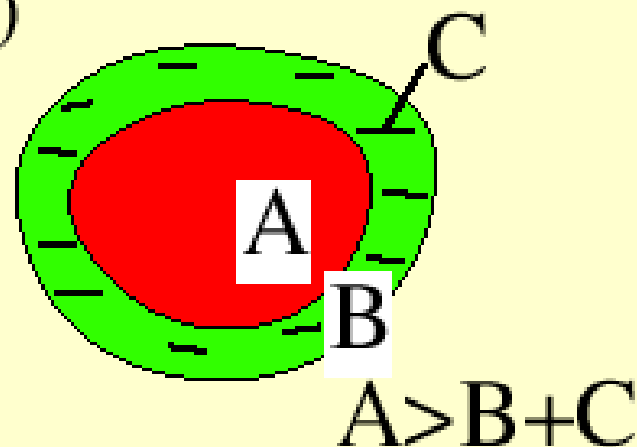
significance of oriented inclusions

k)



preexisting
orientation

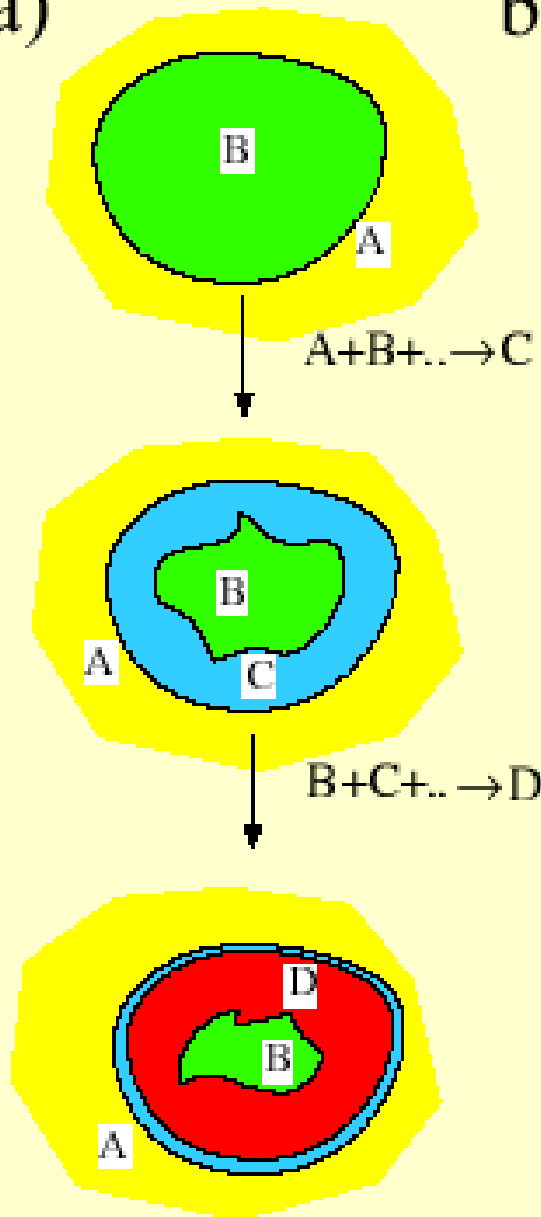
l)



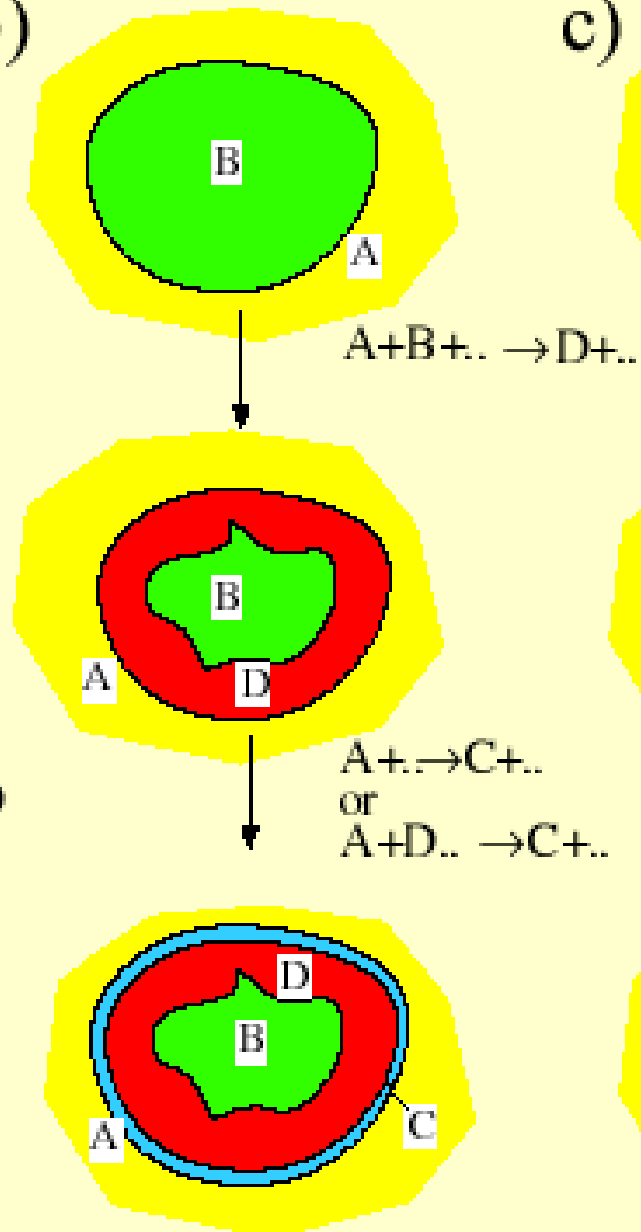
orientation developed
in reaction rim

Διπλές Κορώνες

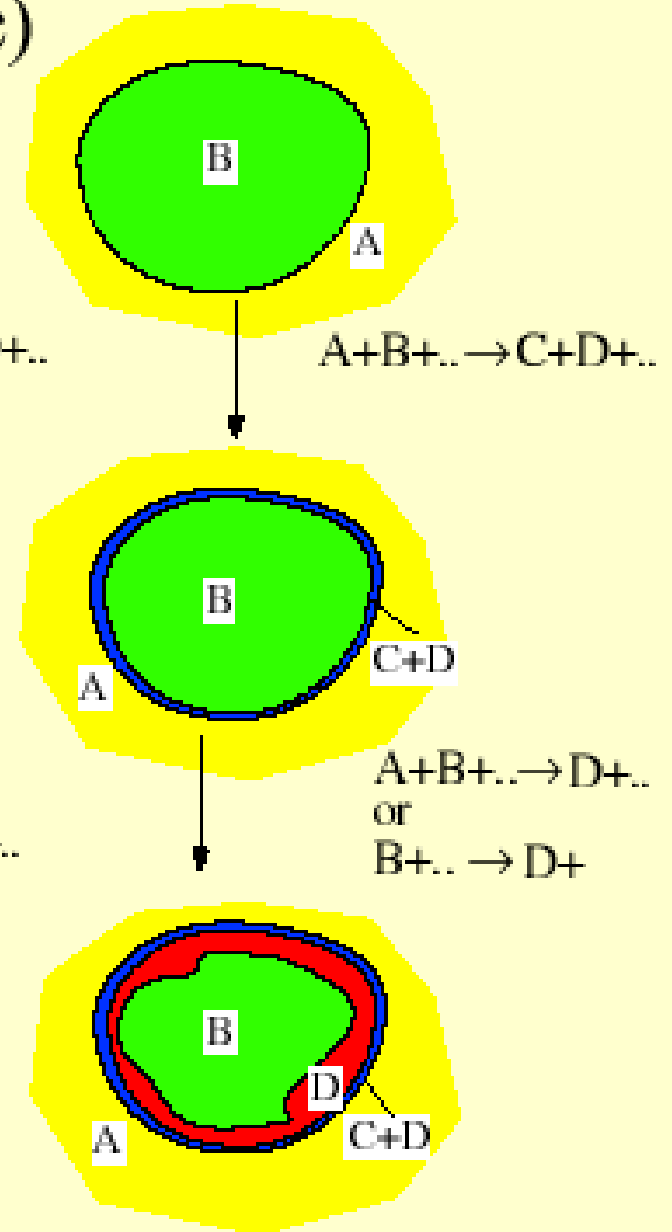
a)



b)



c)



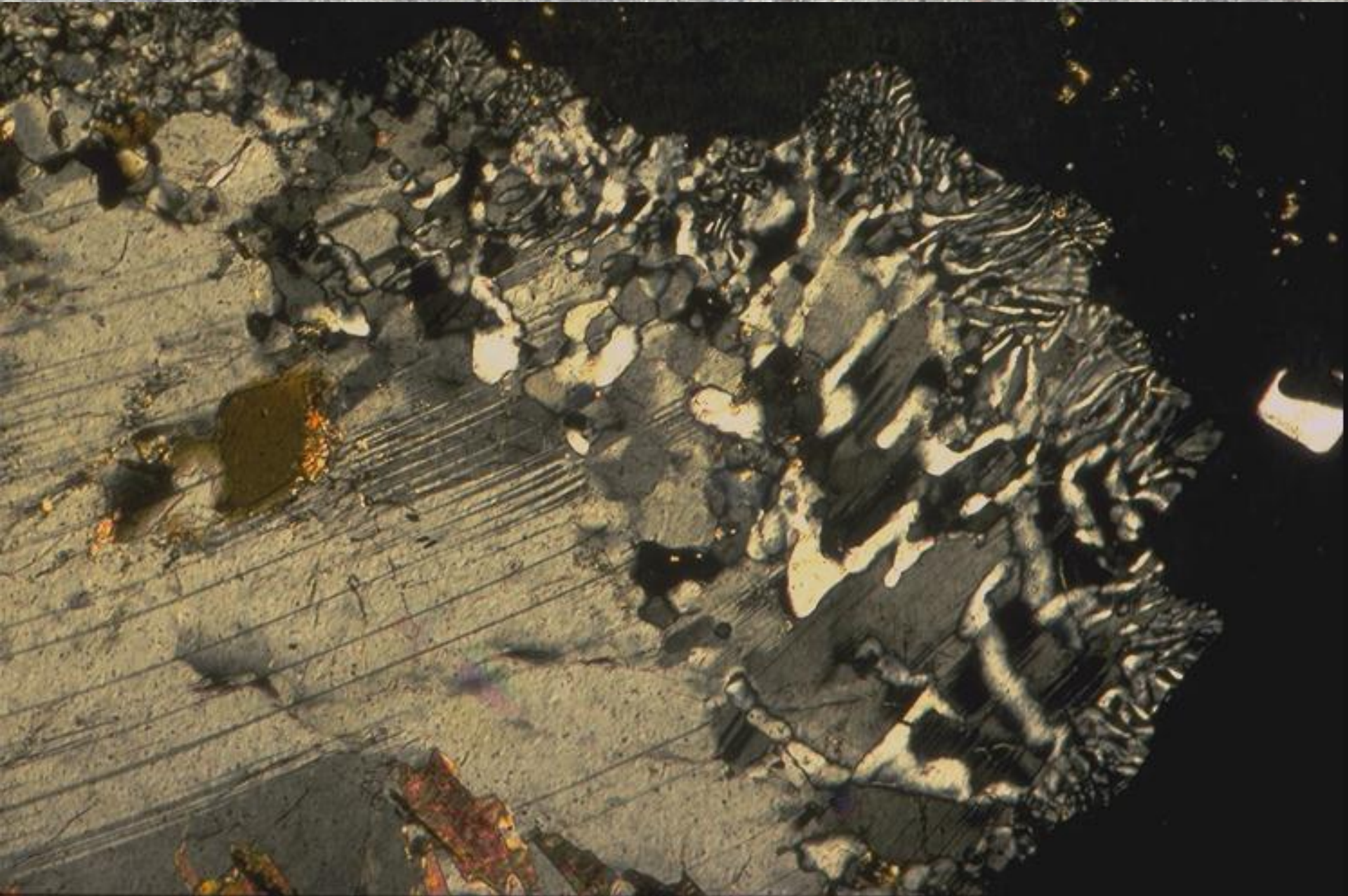
Διπλές Κορώνες



Διπλές Κορώνες



Συμπλεκτική Κορώνα



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: Πορφυροβλάστες». 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: Ανάπτυξη πορφυροβλαστών. "Microtectonics", Passchier, Cees W., Trouw, Rudolph A. J., 2005. Copyrighted.

Εικόνα 2: Ορολογία πορφυροβλαστών. "Microtectonics", Passchier, Cees W., Trouw, Rudolph A. J., 2005. Copyrighted.

Εικόνα 3: Typical textures of pre-kinematic crystals, from Spry (1969) metamorphic textures. Copyrighted. http://www.scrigroup.com/files/limba/ceha-slovaca/geografie/9_poze/image160.jpg

Εικόνα 4: Spiral Porphyroblast. Copyrighted. http://www.scrigroup.com/files/limba/ceha-slovaca/geografie/9_poze/image158.gif

Εικόνα 5: Non-uniform distribution of shear stain by Bell et al., 1986. Copyrighted. <http://www.nsm.buffalo.edu/courses/gly206/MetTexturesB.pdf>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/4)

Εικόνα 6: Post-kinematic crystals. Copyrighted.

http://www.scrigroup.com/files/limba/ceha-slovaca/geografie/9_poze/image156.jpg

Εικόνα 7: Post-kinematic: S_i is identical to and continuous with S_e . Copyrighted.

<http://www.nsm.buffalo.edu/courses/gly206/MetTexturesB.pdf>

Εικόνα 8: Πορφυροβλάστης. Copyrighted.

Εικόνα 9: Intertectonic garnet porphyroblast in garnet-mica schist. Copyrighted.

<http://www.brynmawr.edu/geology/documents/metamorphism.pdf>

Εικόνα 10: Copyrighted.

Εικόνες 11-12: Progressive development of crenulation cleavage around a stationary porphyroblast Intertectonic vs early Syntectonic. "Microtectonics", Passchier, Cees W., Trouw, Rudolph A. J., 2005. Copyrighted.

Εικόνα 13: Spiral S_i train in garnet, Connemara, Ireland. Copyrighted.

<http://www.nsm.buffalo.edu/courses/gly206/MetTexturesB.pdf>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/4)

Εικόνα 14: "Snowball garnet" with highly rotated spiral S_1 . Copyrighted.

<http://www.nsm.buffalo.edu/courses/gly206/MetTexturesB.pdf>

Εικόνα 15: Micas. Copyrighted.

<http://www.tectonique.net/tectask/images/micas.jpg>

Εικόνα 16: Copyrighted.

Εικόνα 17: Copyrighted.

Εικόνα 18: Copyrighted.

Εικόνες 19-20-21: Reaction rims and Coronas. "Microtectonics", Passchier and Trouw, 1996. Copyrighted.

Εικόνα 22: Διπλή στεμματική δομή γύρω από πορφυροβλάστη γρανάτη. Copyrighted.

https://mountaincatgeology.files.wordpress.com/2010/03/dsc_0002.jpg

Εικόνες 23-24: Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/4)

Εικόνα 25: Two metamorphic events recognized by compositional zoning in garnet. Copyrighted. https://www.natur.cuni.cz/geologie/petrologie/vyzkumnetymy/copy2_of_zoning.jpg

Εικόνα 26: Photomicrograph of multiple reaction rims between olivine and plagioclase. Copyrighted. <http://www.nsm.buffalo.edu/courses/gly206/MetTexturesB.pdf>

Εικόνες 27-28-29: Reaction rims, coronas and double coronas. "Microtectonics", Passchier and Trouw, 1996. Copyrighted.

