ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Γεωλογίας
Τομέας Ορυκτών Πρώτων Υλών

Πετρολογία Μαγματικών & Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων

Μέρος 1ο: Μαγματικά Πετρώματα

Διάλεξη Α1

Ιωάννης Ηλιόπουλος

Οκτώβριος 2020

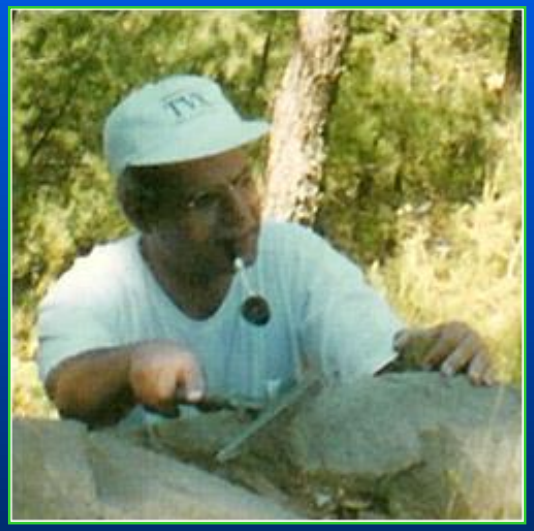
Strong explosion of Batu Tara volcano on the evening of 2 Nov 2014 (Flores Sea, Indonesia) (Photo: Andi / VolcanoDiscovery Indonesia)

Μέχρι το 2004

Πετρολογία Μαγματικών Πετρωμάτων

Κωνσταντίνα Κοτοπούλη
Ομότιμη Καθηγήτρια

Πετρολογία Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων

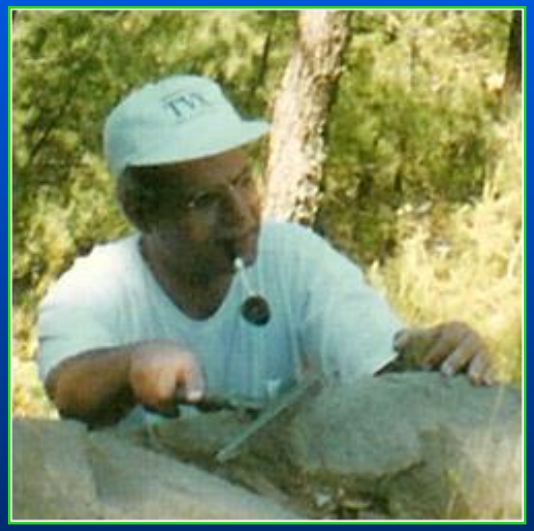


Χρήστος Καταγάς
Ομότιμος Καθηγητής

από το 2005

Πετρολογία Μαγματικών & Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων

Κωνσταντίνα Κοτοπούλη
Ομότιμη Καθηγήτρια



Χρήστος Καταγάς
Ομότιμος Καθηγητής

από το 2008

Πετρολογία Μαγματικών & Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων

Βασίλης Τσικούρας
(έως το 2014)
Αναπληρωτής Καθηγητής

Χρήστος Καταγάς
(έως το 2011)
Ομότιμος Καθηγητής

Ιωάννης Ηλιόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής

από το 2012

Πετρολογία Μαγματικών & Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων

Βασίλης Τσικούρας
(έως το 2014)
Αναπληρωτής Καθηγητής

Ιωάννης Ηλιόπουλος
(έως σήμερα)
Αναπληρωτής Καθηγητής

από το 2015

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ ΜΑΓΜΑΤΙΚΩΝ & ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Ακαδημαϊκό Έτος 2020-2021

Μονάδες ECTS: 4

Ώρες εβδομαδιαίας Διδασκαλίας Θεωρίας & Φροντιστηρίου: 3

Ώρες εβδομαδιαίας Πρακτικής Εξάσκησης (Εργαστήριο): 2

Διδάσκων: **Ιωάννης Ηλιόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής**

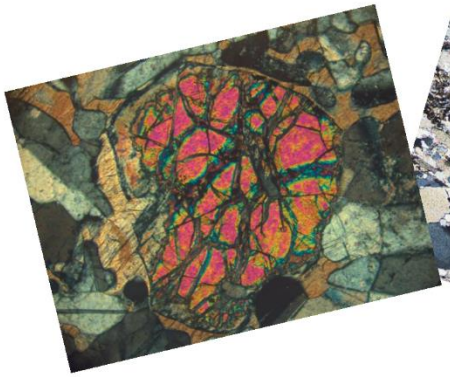
Συνεπικουρία Εργαστηρίων: **Μαρία Κοκκαλιάρη (MSc), Νικούλα Κουγιά (MSc)**

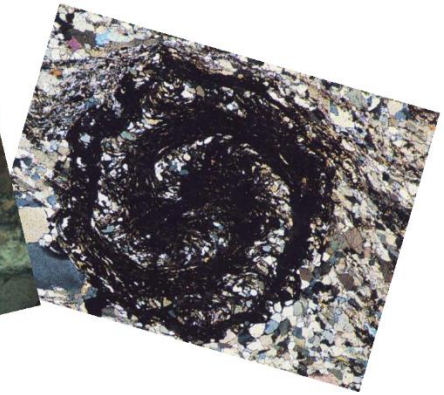
ΚΑΛΩΣΟΡΙΣΑΤΕ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ ΤΗΣ

«ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΓΜΑΤΙΚΩΝ & ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ»

ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2020-2021 !!!





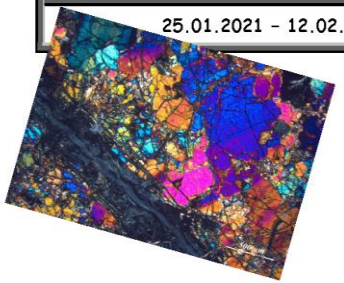
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

ΔΙΑΛΕΞΗ	ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΑΛΕΞΗΣ	ΥΛΗ	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
Α1 **ΔΕΥΤΕΡΑ 5.10.20** (10-1 μ.μ.)	- **Εισαγωγή – Γενικές Έννοιες** (Προέλευση στοιχείων στο σύμπαν και στη Γη, Δομή της Γης, Εσωτερική Θερμότητα, Γεωθερμική Βαθμίδα, ο Ρόλος του Μανδύα ως Θερμικής Μηχανής) - **Ταξινόμηση Μαγματικών Πετρωμάτων**	**E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ Α1 **Video:** bit.ly/A1_part-1 bit.ly/A1_part-2	**ΑΣΚΗΣΗ 1** Ιστολογική Περιγραφή και Ταξινόμηση των Μαγματικών Πετρωμάτων ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ **Video:** **ΔΕΥΤΕΡΑ 5.10.20**
Α2 **ΔΕΥΤΕΡΑ 12.10.20** (9-12 π.μ.)	- **Βασικές Αρχές Θερμοδυναμικής** (Εσωτερική Ενέργεια, Εντροπία, Ενθαλπία) - **Κανόνας των Φάσεων** - **Διαγράμματα Φάσεων Ενός Συστατικού** - **Διαγράμματα Φάσεων Δύο Συστατικών** (Απλά Ευτηκτικά Διαγράμματα, Διαγράμματα με Πλήρες Στερεό Διάλυμα)	**E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ Α2 **Video:** bit.ly/A2_part-1 bit.ly/A2_part-2 bit.ly/A2_part-3	**ΑΣΚΗΣΗ 2** Εφαρμογή Βασικών Αρχών Θερμοδυναμικής - Διαγράμματα Φάσεων Διαγράμματα Φάσεων Δυο Συστατικών με ευτηκτικό Διαγράμματα Φάσεων Δυο Συστατικών με Στερεό διάλυμα **Video:** bit.ly/lab-A2 **ΔΕΥΤΕΡΑ 12.10.20** (2-8 μ.μ.)
Α3 **ΔΕΥΤΕΡΑ 19.10.20** (9-12 π.μ.)	- **Διαγράμματα Φάσεων Δύο Συστατικών** (Διαγράμματα με Περιτηκτικό Σημείο, Διαγράμματα με Πλήρες Στερεό Διάλυμα και Ευτηκτικό Σημείο)	**E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ Α3 **Video:** bit.ly/A3_part-1 bit.ly/A3_part-2	**ΑΣΚΗΣΗ 3** Διαγράμματα Φάσεων με περιτηκτικό σημείο **Video:** bit.ly/lab-A4 **ΔΕΥΤΕΡΑ 19.10.20** (2-8 μ.μ.)
Α4 **ΔΕΥΤΕΡΑ 26.10.20** (9-12 π.μ.)	- **Διαγράμματα Φάσεων Τριών Συστατικών** (Διαγράμματα με Ευτηκτικό Σημείο, Διαγράμματα με Περιτηκτικό Σημείο)	**E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ Α3 (συνέχεια) **Video:** bit.ly/A3_part-3 bit.ly/A3_part-4	**ΑΣΚΗΣΗ 4** Διαγράμματα Φάσεων Τριών Συστατικών **ΔΕΥΤΕΡΑ 26.10.20** (2-8 μ.μ.)

ΔΙΑΛΕΞΗ	ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΑΛΕΞΗΣ	ΥΛΗ	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
Α5 **ΔΕΥΤΕΡΑ 2.11.20** (9-12 π.μ.)	- **Διεργασίες Παραγωγής και Εξέλιξης Μάγματος** (Πηγές Μαγμάτων, Μερική Τήξη, Παράγοντες που επιδρούν στην τήξη του Μανδύα και του Φλοιού, Νόμος του Stokes, Μίξη Μαγμάτων)	**E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ Α4 **Video:** bit.ly/A4_part-1 bit.ly/A4_part-2	**ΑΣΚΗΣΗ 3-4** **(επανάληψη)** Διαγράμματα Φάσεων Δύο και Τριών Συστατικών **ΔΕΥΤΕΡΑ 2.11.20** (2-8 μ.μ.)
Α6 **ΔΕΥΤΕΡΑ 9.11.20** (9-12 π.μ.)	- **Γεωχημεία Μαγματικών Πετρωμάτων** (Χημική Ταξινόμηση, Είδη και Σχέσεις Μαγμάτων, Συμπεριφορά Κύριων Στοιχείων και Ιχνοστοιχείων κατά τις Μαγματικές Διεργασίες, Χρήση Γεωχημικών Διαγραμμάτων)	**E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ Α5 **Video:** bit.ly/A5_part-1 bit.ly/A5_part-2	**ΑΣΚΗΣΗ 5-6** Γεωχημικές Διεργασίες στα Μαγματικά Πετρώματα – Διεργασίες Παραγωγής Μαγμάτων ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ **Video:** bit.ly/lab-A5 bit.ly/lab-A6 **ΔΕΥΤΕΡΑ 9.11.20** (12-3 μ.μ.)
Α7 **ΔΕΥΤΕΡΑ 16.11.20** (9-12 π.μ.)	- **Μοντέλα Μαγματικής Εξέλιξης** (Τήξη-Κρυστάλλωση Ισορροπίας, Κλασματική Τήξη-Κρυστάλλωση, Διεργασίες Μανδυακής Μετασωμάτωσης) - **Περιβάλλοντα Μαγματισμού** (Μαγματισμός σε Συγκλίνοντα Περιθώρια, Μαγματισμός σε Αποκλίνοντα Περιθώρια, Μαγματισμός στο Εσωτερικό Λιθοσφαιρικών Πλακών)	**E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ Α6 ΔΙΑΛΕΞΗ Α7 **Video:** bit.ly/A6_ bit.ly/A7_part-1 bit.ly/A7_part-2	ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΥΛΗ ΤΩΝ ΜΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ **ΣΑΒΒΑΤΟ** 21.11.20 Ή **ΣΑΒΒΑΤΟ** 28.11.20

ΔΙΑΛΕΞΗ	ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΑΛΕΞΗΣ	ΥΛΗ	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
B1 **ΔΕΥΤΕΡΑ 23.11.20** (9-12 π.μ.)	**- Εισαγωγικές Έννοιες και Παράγοντες Μεταμόρφωσης**	**Διδακτ. Βιβλ.:** σελ. 1-40 **E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ B1 (συνέχεια) **Video:** bit.ly/B1_part-1 bit.ly/B1_part-2	**ΑΣΚΗΣΗ 7** Ορυκτολογικά και ιστολογικά χαρακτηριστικά Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων **Video:** bit.ly/lab-B1 **ΔΕΥΤΕΡΑ 23.11.20** (2-8 μ.μ.)
B2 **ΔΕΥΤΕΡΑ 23.11.20** (9-12 π.μ.)	**- Ζώνες –Ισόβαθμοι- Φάσεις Μεταμόρφωσης.** **- Διαγραμματική απεικόνιση ορυκτολογικών παραγενέσεων (AFM, ACF διαγράμματα)**	**Διδακτ. Βιβλ.:** α) σ. 44-55, β) παρ.2, σ. 1-13 **E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ B2 (συνέχεια) **Video:** bit.ly/B2_part-1 bit.ly/B2_part-2	**ΑΣΚΗΣΗ 8** Διαγραμματική απεικόνιση ορυκτολ. παραγενέσεων (AFM, AKF, ACF διαγράμματα) ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ **Video:** bit.ly/lab-B2 **ΔΕΥΤΕΡΑ 23.11.20** (12-2 μ.μ.)
B3 **ΣΑΒΒΑΤΟ 5.12.20** (10-13 πμ)	**- Μεταμορφικές αντιδράσεις** **- Προσδιορισμός συνθηκών P/T**	**Διδακτ. Βιβλ.:** α) παρ. 1, σ. 133-140 β) παρ. 2, σ.13-33 **E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ B3 **Video:** bit.ly/B3_part-1 bit.ly/B3_part-2	**ΑΣΚΗΣΗ 8 (συνέχεια)** - Ανάλυση της άσκησης 8 **(φροντιστήριο)** ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ **ΣΑΒΒΑΤΟ 5.12.20** **(1-3 μ.μ.)**
B4 **ΔΕΥΤΕΡΑ 7.12.20** (9-12 π.μ.)	**- Φάσεις πολύ χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης.** **- Φάσεις μεταμόρφωσης επαφής (θερμική μεταμόρφωση)**	**Διδακτ. Βιβλ.:** α) παρ. 3, σ. 61-78 β) παρ. 3, σ. 34-60 **E-class:** ΔΙΑΛΕΞΗ B4 **Video:** bit.ly/B4_part-1 bit.ly/B4_part-2	**ΑΣΚΗΣΗ 9 - 10** Πετρώματα πολύ χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης, Θερμικά μεταμορφωμένα πετρώματα **Video:** bit.ly/lab-B4 bit.ly/tomes-B4 **ΔΕΥΤΕΡΑ 7.12.20** (2-8 μ.μ.)
14.12.2020: ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΧΑΡΤΟΑΣΚΗΣΗΣ 8 (Διαγράμματα ACF – AFM)			

ΔΙΑΛΕΞΗ	ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΑΛΕΞΗΣ	ΥΛΗ	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
B5 ΔΕΥΤΕΡΑ 14.12.20 (9-12 π.μ.)	Barrow τύπου μεταμόρφωση (Μεταμόρφωση μετρίων θερμοκρασιών/πιέσεων) 	Διδακτ. Βιβλ.: Παράρτημα 4 E-class: ΔΙΑΛΕΞΗ B5 Video: bit.ly/B5_part-1 bit.ly/B5_part-2	ΑΣΚΗΣΗ 11 Πετρώματα μετρίων θερμοκρασιών και πιέσεων (τύπου Barrow) Video: bit.ly/lab-B5 bit.ly/tomes-B5a bit.ly/tomes-B5b ΔΕΥΤΕΡΑ 14.12.20 (2-8 μ.μ.)
B6 ΔΕΥΤΕΡΑ 21.12.20 (9-12 π.μ.)	Φάσεις υψηλών πιέσεων 	Διδακτ. Βιβλ.: Παράρτημα 5 E-class: ΔΙΑΛΕΞΗ B6 Video: bit.ly/B6_part-1 bit.ly/B6_part-2	ΑΣΚΗΣΗ 12 Πετρώματα υψηλών πιέσεων και χαμηλών θερμοκρασιών (HP/LT) Video: bit.ly/lab-B6 bit.ly/tomes-B6 ΔΕΥΤΕΡΑ 21.12.20 (2-8 μ.μ.)
23.12.2020: ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΧΑΡΤΟΑΣΚΗΣΗΣ 11 (Διαγράμματα AFM & Πετρογενετικά δίκτυα)			
B7 11.01.21	Σχέση μεταμόρφωσης και τεκτονικής των λιθοσφαιρικών πλακών	Διδακτικό Βιβλ.: σ. 94-101 E-class: ΔΙΑΛΕΞΗ B7 Video: bit.ly/B6_part-2	ΑΣΚΗΣΗ 13 Ανακεφαλαίωση των κύριων σειρών φάσεων μεταμόρφωσης ΔΕΥΤΕΡΑ 11.1.21 (2-8 μ.μ.)
15.01.2021: ΛΗΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ Β΄ ΕΞΑΜΗΝΟΥ			
25.01.2021 – 12.02.2021: ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ			



- ✓ Το μάθημα της **Πετρολογίας Μαγματικών και Μεταμορφωμένων πετρωμάτων** συμπεριλαμβάνεται στα **ΑΝΟΙΚΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ** που προσφέρει το Πανεπιστήμιό μας. Συνεπώς όλες οι παραδόσεις του μαθήματος, τόσο για τη θεωρία όσο και για το εργαστηριακό κομμάτι είναι ελεύθερα διαθέσιμες σε **πολυμεσικά αρχεία** (βίντεο) και συνοδεύονται από τα αρχεία παρουσιάσεων (powerpoints) και άλλο βοηθητικό εκπαιδευτικό υλικό (π.χ. βίντεο λεπτών τομών) που θα βρείτε στον σύνδεσμο https://eclass.upatras.gr/courses/GEO308. Η εγγραφή σας λοιπόν στην ασύγχρονη πλατφόρμα τηλεκπαίδευσης του μαθήματος (eclass) είναι απαραίτητη, προκειμένου να κατεβάζετε τις παραδόσεις, τις εργαστηριακές ασκήσεις αλλά και να λαμβάνετε ενημερώσεις για ότι αφορά στο μάθημα.
- ✓ **Οι παραδόσεις** του μαθήματος θα πραγματοποιούνται κάθε **Πέμπτη και ώρα 15:00-18:00**, στην αίθουσα 001.
- ✓ **Τα Εργαστήρια** θα πραγματοποιούνται κάθε **Τρίτη** σε ομάδες, στην αίθουσα Εργαστηρίου ΟΠΥ (στο Ισόγειο), σύμφωνα με την εγγραφή σας στις ομάδες που έχουν δημιουργηθεί στην ασύγχρονη πλατφόρμα τηλεκπαίδευσης του μαθήματος (eclass), στο σύνδεσμο: https://eclass.upatras.gr/modules/group/?course=GEO308
- ✓ Οι ώρες άσκησης έχουν ως εξής: Ομάδα Α' – 11.00-13.00, Ομάδα Β' – 13.00-15.00, Ομάδα Γ' – 15.00-17.00. Για τους φοιτητές παλαιότερων ετών τα παρασκευάσματα θα είναι διαθέσιμα κάθε Τετάρτη 12:00-15:00, στην αίθουσα 008.
- ✓ **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Διαφοροποιήσεις ή εμβόλιμες αναπληρώσεις της θεωρίας ή του εργαστηρίου επισημαίνονται με κίτρινο χρώμα στο πρόγραμμα του μαθήματος.
- ✓ Η παρουσία σας στις εργαστηριακές ασκήσεις είναι υποχρεωτική. Δικαιολογούνται **μέχρι δύο** απουσίες προκειμένου να έχετε το δικαίωμα να προσέλθετε στις εξετάσεις. Η παρουσία σας και η ενεργός συμμετοχή σας στις παραδόσεις είναι προφανές ότι μετράει **θετικά** στην τελική βαθμολογία σας.
- ✓ Παρακαλείστε θερμά πριν ξεκινήσετε την Εργαστηριακή σας εκπαίδευση, να **διαβάσετε πολύ προσεκτικά τους κανόνες λειτουργίας** του Εργαστηρίου σε συνθήκες COVID-19.
- ✓ Τονίζεται επίσης ότι προκειμένου να έρχεστε **κατάλληλα προετοιμασμένοι** στα Εργαστήρια θα πρέπει να μελετάτε προσεκτικά τις παραδόσεις του μαθήματος που έχει προηγηθεί.

Σε συνθήκες COVID-19

- Θεωρία μόνο εξ αποστάσεως !!!
- Εργαστήρια: σε μικρές ομάδες 10 και 8 ατόμων, διάρκειας μίας ώρας
- Ακολουθούμε όλοι τους κανόνες που μας έχουν κοινοποιηθεί
- Η χρήση της μάσκας είναι υποχρεωτική για όλους μας

- ✓ Το μάθημα χωρίζεται για τεχνικούς λόγους σε δυο μέρη (Μαγματικά και Μεταμορφωμένα) αλλά αποτελεί ενιαία ύλη και έτσι αντιμετωπίζεται και στην εξέταση του. Έτσι υπάρχει **ενιαία εξέταση** στη θεωρία και για τα δυο μέρη καθώς και αντίστοιχα στο Εργαστήριο.
- ✓ Με το τέλος των παραδόσεων στο μέρος των Μαγματικών Πετρωμάτων θα δοθεί η δυνατότητα **Τμηματικής Εξέτασης** (πρόοδος) του μαθήματος στην ύλη αυτή. Τονίζεται ότι όσοι προσέλθουν σε αυτήν, ανεξάρτητα από το αποτέλεσμα, δεν θα έχουν το δικαίωμα εξέτασης στην ύλη των Μαγματικών Πετρωμάτων κατά την περίοδο του Ιουνίου, παρά **μόνο στην ύλη των Μεταμορφωμένων πετρωμάτων**. Ο βαθμός της προόδου διατηρείται μέχρι και την εξεταστική περίοδο του **Σεπτεμβρίου 2021**.
- ✓ Η τελική βαθμολογία σας στο μάθημα «Πετρολογία Μαγματικών & Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων» θα προκύψει από το μέσο όρο των βαθμολογιών σας από την εξέταση της θεωρίας και την εξέταση του εργαστηρίου. **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Απαραίτητη προϋπόθεση για να έχετε τελική επιτυχή βαθμολογία είναι τόσο ο βαθμός της θεωρίας όσο και ο βαθμός του εργαστηρίου να είναι προβιβάσιμοι, δηλαδή τουλάχιστον 5.
- ✓ Στην απίθανη περίπτωση, που όλοι απευχόμαστε, δεν εξεταστείτε επιτυχώς στο μάθημα, έχετε το δυνατότητα σε επόμενες περιόδους να μην επαναλάβετε την εξέταση του Εργαστηρίου, εφόσον λάβετε σε αυτήν βαθμό πάνω από τη βάση.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

Δημήτριος Κωστόπουλος, Πετρολογία μεταμορφωμένων πετρωμάτων: Θερμοδυναμικές και θερμομηχανικές διεργασίες, 2019, Εκδόσεις: Κωστάκης Νέον / Κωστάκης Δ. Αθανάσιος (κωδ. Ευδόξου: 86195557).

Gautan Sen, Petrology, 2014, Springer Berlin Heidelberg (κωδ. Ευδόξου: 73249867, ηλεκτρ. Έκδοση: https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-38800-2)

John D. Winter, Principles of Igneous and Metamorphic Petrology, 2009, Prentice Hall, 720p.

Myron G. Best, Igneous and metamorphic petrology, 2003, John Wiley & Sons, 729p.

Marjorie Wilson, Igneous petrogenesis, 1989, Springer, 466p.

Bruce W.D. Yardley, An Introduction to Metamorphic Petrology, 1989, Longman Scientific & Technical, 248p.

Ευελπιστούμε στην καλή συνεργασία σας και σας ευχόμαστε Καλή Πρόοδο!

JOIN US ON facebook CLICK HERE

https://www.facebook.com/groups/IGMET/

follow us on twitter

@IG_MET

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

Δημήτριος Κωστόπουλος, Πετρολογία μεταμορφωμένων πετρωμάτων: Θερμοδυναμικές και θερμομηχανικές διεργασίες, 2019, Εκδόσεις: Κωστάκης Νέον / Κωστάκης Δ. Αθανάσιος (κωδ. Ευδόξου: 86195557).

Gautan Sen, Petrology, 2014, Springer Berlin Heidelberg (κωδ. Ευδόξου: 73249867, ηλεκτρ. Έκδοση: https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-38800-2)

John D. Winter, Principles of Igneous and Metamorphic Petrology, 2009, Prentice Hall, 720p.

Myron G. Best, Igneous and metamorphic petrology, 2003, John Wiley & Sons, 729p.

Marjorie Wilson, Igneous petrogenesis, 1989, Springer, 466p.

Bruce W.D. Yardley, An Introduction to Metamorphic Petrology, 1989, Longman Scientific & Technical, 248p.

Ευελπιστούμε στην καλή συνεργασία σας και σας ευχόμαστε Καλή Πρόοδο!

JOIN US ON facebook CLICK HERE

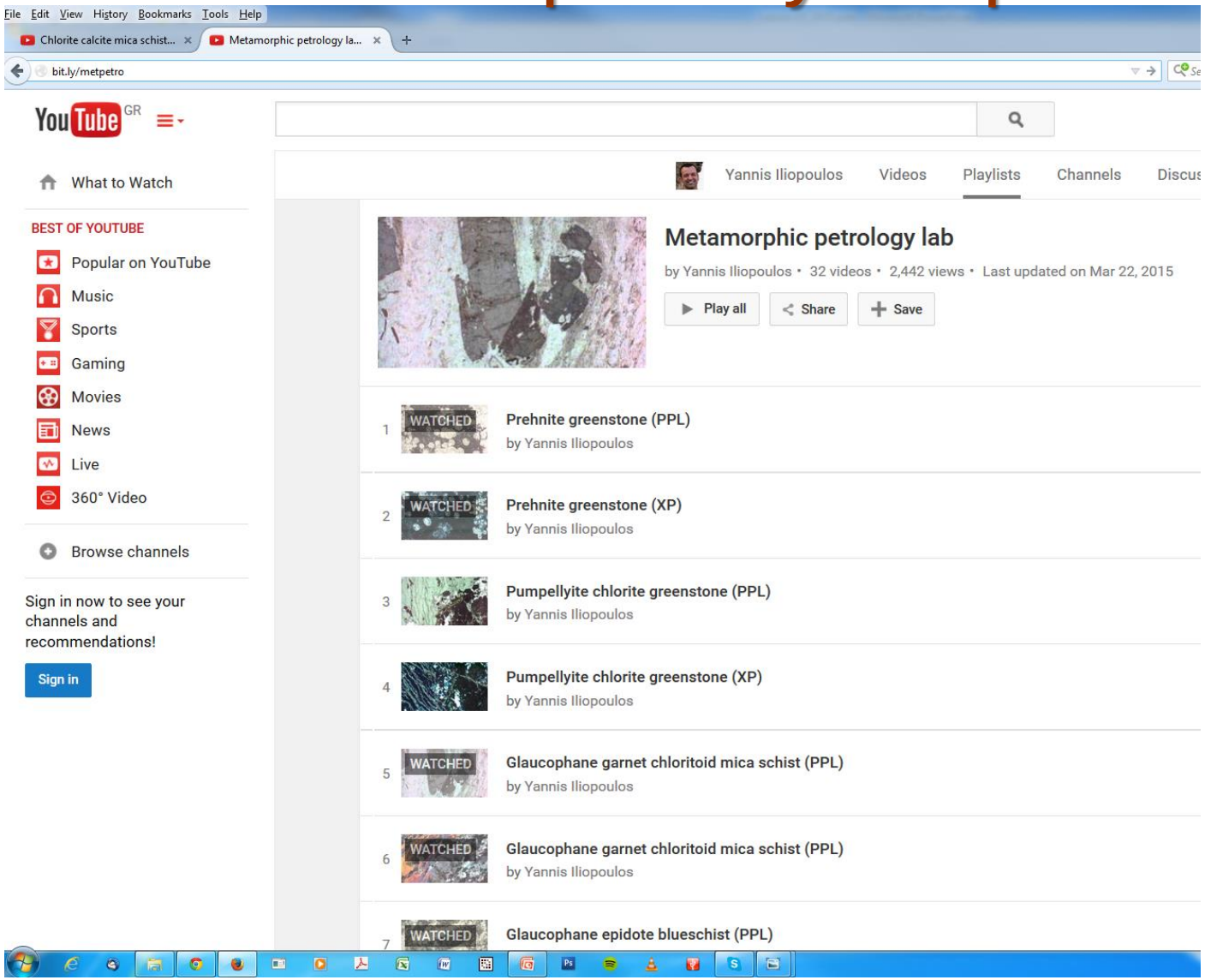
https://www.facebook.com/groups/IGMET/

follow us on twitter

@IG_MET

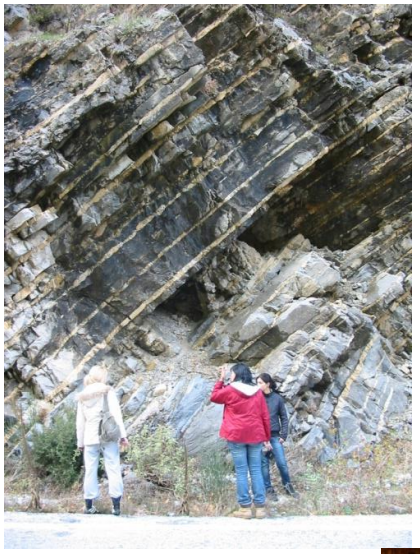
Συντονιστείτε στο …κανάλι μας στο Youtube:

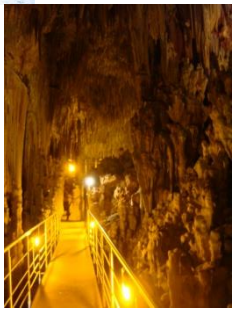
http://bit.ly/metpetro



Η Άσκηση Υπαίθρου – Ταΰγετος-Πάρνωνας

- Λίγο μετά την εξεταστική του Φεβρουαρίου 2021 ????????
- Προτεραιότητα με βάση κριτήρια: (Γ’ετείς → Εξέταση μαθήματος → Εξέταση εργαστηρίου → απουσίες → παράδοση ασκήσεων)





Η Άσκηση Υπαίθρου – Ταΰγετος-Πάρνωνας

Η επικοινωνία μας

- Μόνο εξ αποστάσεως !!!!
- που: https://bit.ly/meet-iliopoulos
- κάθε Τρίτη / Παρασκευή 10:00 - 11:00 και κάθε Τετάρτη 13:00 - 14:00
- morel@upatras.gr / petrology@gmail.com
- https://eclass.upatras.gr/courses/GEO308/

https://www.facebook.com/groups/IGMET/

@IG_MET

http://bit.ly/follow_earth

Follow All of These Earth

Secure | https://www.wired

WIRED

Follow All of These Earth Scientists on Twitter Right Now

SUBSCRIBE

BUSINESS | CULTURE | DESIGN | GEAR | SCIENCE | SECURITY | TRANSPORTATION

SHARE

SHARE 3036

TWEET

COMMENT 5

EMAIL

ERIK KLEMETTI SCIENCE 01.31.17 1:18 PM

FOLLOW ALL OF THESE EARTH SCIENTISTS ON TWITTER RIGHT NOW

JEFF WILLIAMS/NASA

YOU MAY HAVE heard me say this before, but I firmly believe there are few topics more fundamental to study than the workings of our planet. The earth sciences aim to unravel how the lithosphere, atmosphere, hydrosphere, and biosphere operate—and how they operate together. It is a science of synthesis. And it's one that needs to move forward, both because of the great service the earth sciences perform for society and the understanding of world-shaping processes that they advance.

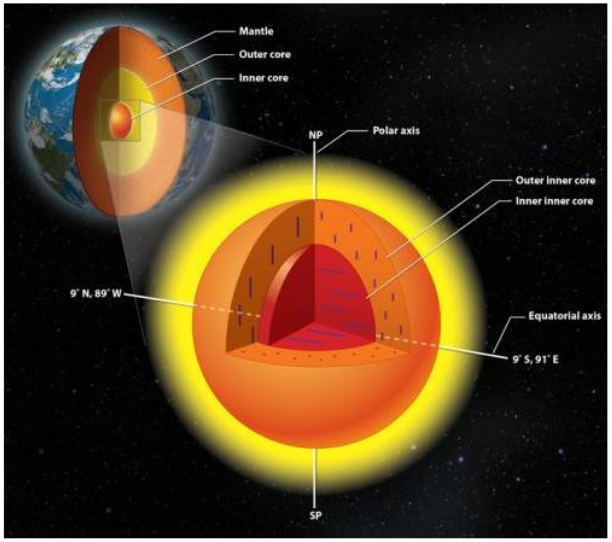
Now, earth scientists are not always the first researchers you see on TV or in

Waiting for capture.condenastdigital.com...

-02-earth-geologists-mysteries-planet-core.html
+ Paper.li Press This Add to Wish List Art Blogs Casa Cazzate GEO Giri GOV GPS mails MME News NIKOS Tools eShops Forums Institutions
PHYS.ORG
Sign In + Register
Physics Nanotechnology Earth Astronomy & Space Chemistry Biology Technology Other Sciences Medicine & Health
Home » Earth » Earth Sciences » February 9, 2015

Earth's surprise inside: Geologists unlock mysteries of the planet's inner core

Feb 09, 2015



A research team from the University of Illinois and colleagues in China found earth's inner core has an inner core of its own, with crystals aligned in a different direction. Credit: Lachina Publishing Services

6.3k
Like
135
+1
251

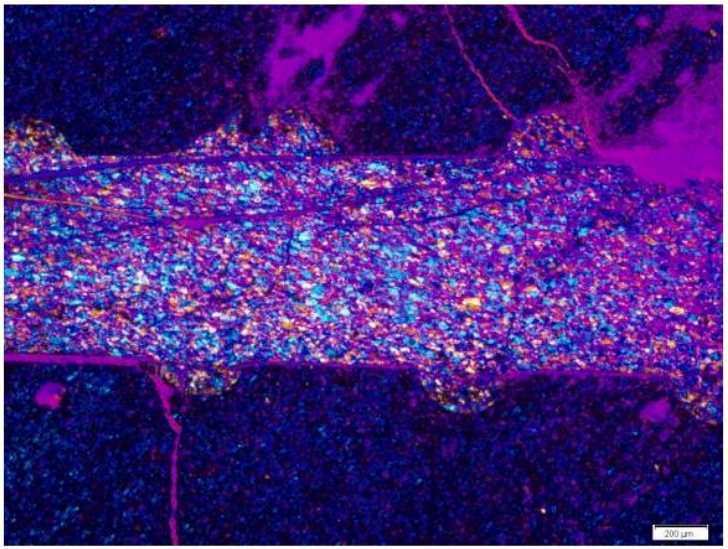
Seismic waves are helping scientists to plumb the world's deepest mystery: the planet's inner core.

Thanks to a novel application of earthquake-reading technology, a research team at the University of Illinois and colleagues at Nanjing University in China have found that the Earth's inner core has an inner core of its own, which has surprising properties that could reveal information about our planet.

Wang et al., (2015). Equatorial anisotropy in the inner part of Earth's inner core from autocorrelation of earthquake coda. ***Nature Geoscience***

Phys.org on facebook

News from Brown



The culprit
The mineral lawsonite undergoes brittle failure at high temperature and pressure, as evidenced by the cracks seen in the sample above. That brittleness could trigger earthquakes in subduction zones where lawsonite is present.
Image: Hirth lab/Brown University

Research may explain mysterious deep earthquakes in subduction zones

February 3, 2016 Contact: Kevin Stacey 401-863-3766

Earthquakes that happen deep beneath the earth's surface have long been enigmatic to geologists. Now researchers from Brown University have shown strong evidence that water squeezed out of a mineral called lawsonite could trigger these mysterious quakes.

PROVIDENCE, R.I. [Brown University] — Geologists from Brown University may have finally explained what triggers certain earthquakes that occur deep beneath the Earth's surface in subduction zones, regions where one tectonic plate slides beneath another.

Subduction zones are some of the most seismically active areas on earth. Earthquakes in these spots that occur close to the surface can be devastating, like the one that struck Japan in 2011 triggering the Fukushima nuclear disaster. But quakes also occur commonly in the subducting crust as it pushes deep below the surface — at depths between 70 and 300 kilometers. These quakes, known as intermediate depth earthquakes, tend to be less damaging, but can still rattle buildings.

Intermediate depth quakes have long been something of a mystery to geologists.

"They're enigmatic because the pressures are so high at that depth that the normal process of frictional sliding associated with earthquakes is inhibited," said Greg Hirth, professor of earth, environmental, and planetary sciences at Brown. "The forces required

More Brain science

Linking two labs a learning opportunity for Ph.D. student
January 25, 2016

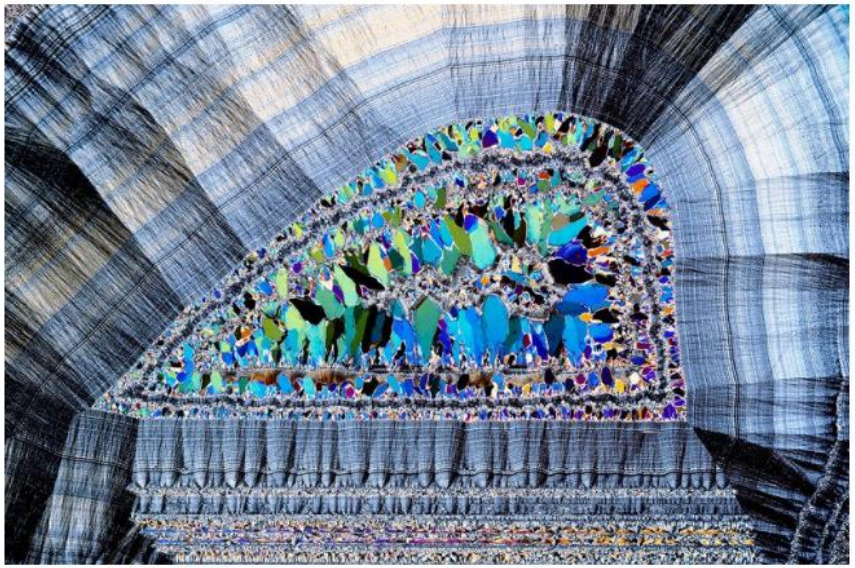
Five-lab team launches novel attack on ALS
January 25, 2016

Planet Earth makes its ov
Secure | pK6WXs.facebook

692

DAILY NEWS 27 January 2017

Planet Earth makes its own water from scratch deep in the mantle



Water trap
Dirk Wiersma/Science Photo Library

By Andy Coghlan

Our planet may be blue from the inside out. Earth's huge store of water might have originated via chemical reactions in the mantle, rather than arriving from space through collisions with ice-rich comets.

This new water may be under such pressure that it can trigger earthquakes hundreds of kilometres below Earth's surface – tremors whose origins have so far remained unexplained.

That's the upshot of a computer simulation of reactions in Earth's upper mantle between liquid hydrogen and quartz, the most common and stable form of silica in this part of the planet.

"This is one way water can form on Earth," says team member John Tse at the University of Saskatchewan in Canada. "We show it's

PyeongChang 2018

The eastern coast of Ailsa Craig. Photo by Johnny Durnan, CC BY-SA 2.0.

Curling stones, the two different granite varieties used can be distinguished by grain size and color of the rocks. Photo by Johnny Durnan, CC BY-SA 2.0.

Πετρολογία

Πέτρα + λόγος

Μελέτη των πετρωμάτων και των διαδικασιών γένεσής τους

Cat

PETRALOGY.

A

TREATISE ON ROCKS.

BY J. PINKERTON.

VOL. I.

LONDON.

PRINTED FOR WHITE, COCHRANE & Co. FLEET STREET.

By S. Hamilton & Co. Weybridge.

1811.

Digitized by Google

Digitized by Google

PETRALOGY.

A TREATISE ON ROCKS.

INTRODUCTION.

§ 1. *Illustrations of the present Arrangement.*

THE study of natural history has been divided by the most esteemed authors, and by the general voice, into three Kingdoms, the Animal, Vegetable, and Mineral. These have again been subdivided into Classes, Orders, Genera, Species, and Varieties. These terms may be considered as strictly proper with regard to animals and vegetables; but as their common meaning implies a vital or animated principle, their application to the mineral kingdom, to which they have passed rather by habitual use than after a due examination, has become dubious; and has given rise to many variations and contradictions, and not a little obscurity. It is confessed that human systems have but a very remote connexion with the great operations of Nature, and are to be regarded as mere artificial memories: hence in mineralogy some eminent writers entirely reject Genera; while others, with Daubenton, say that there are no Species; and Dolomieu has in vain exhausted his acuteness and science to prove that real Species exist in this department. With all his metaphysical prolixity he has no disciples in this doctrine; and the idea of a Species remains dark, even to the most enlightened minds, because it is false and unnatural, as in the other branches of natural history a Species produces a similar progeny.

Division of natural history.

Some terms inapplicable.

Digitized by Google

37.000 χρόνια πριν από σήμερα

nature International weekly journal of science

NATURE | NEWS

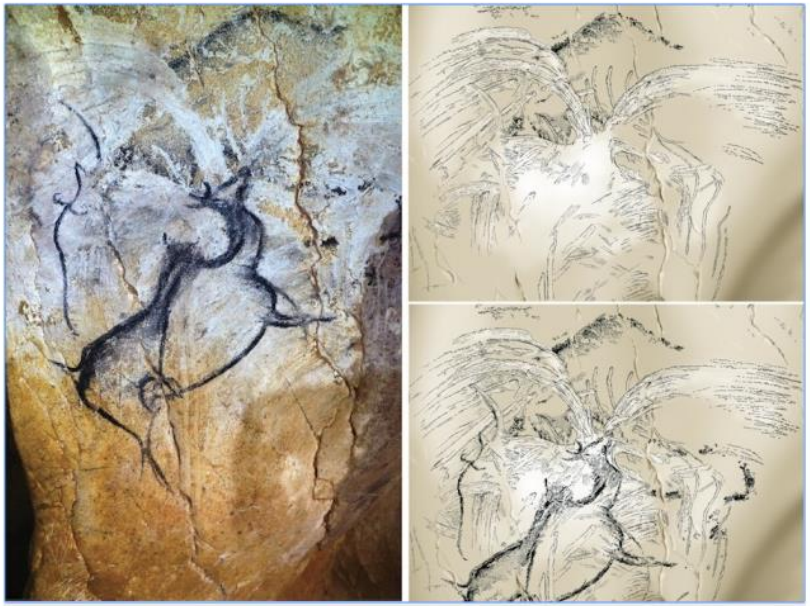
'Cave of forgotten dreams' may hold earliest painting of volcanic eruption

France's iconic Chauvet cave holds mysterious spray-shaped imagery, made around the time when nearby volcanoes were spewing lava.

Ewen Callaway

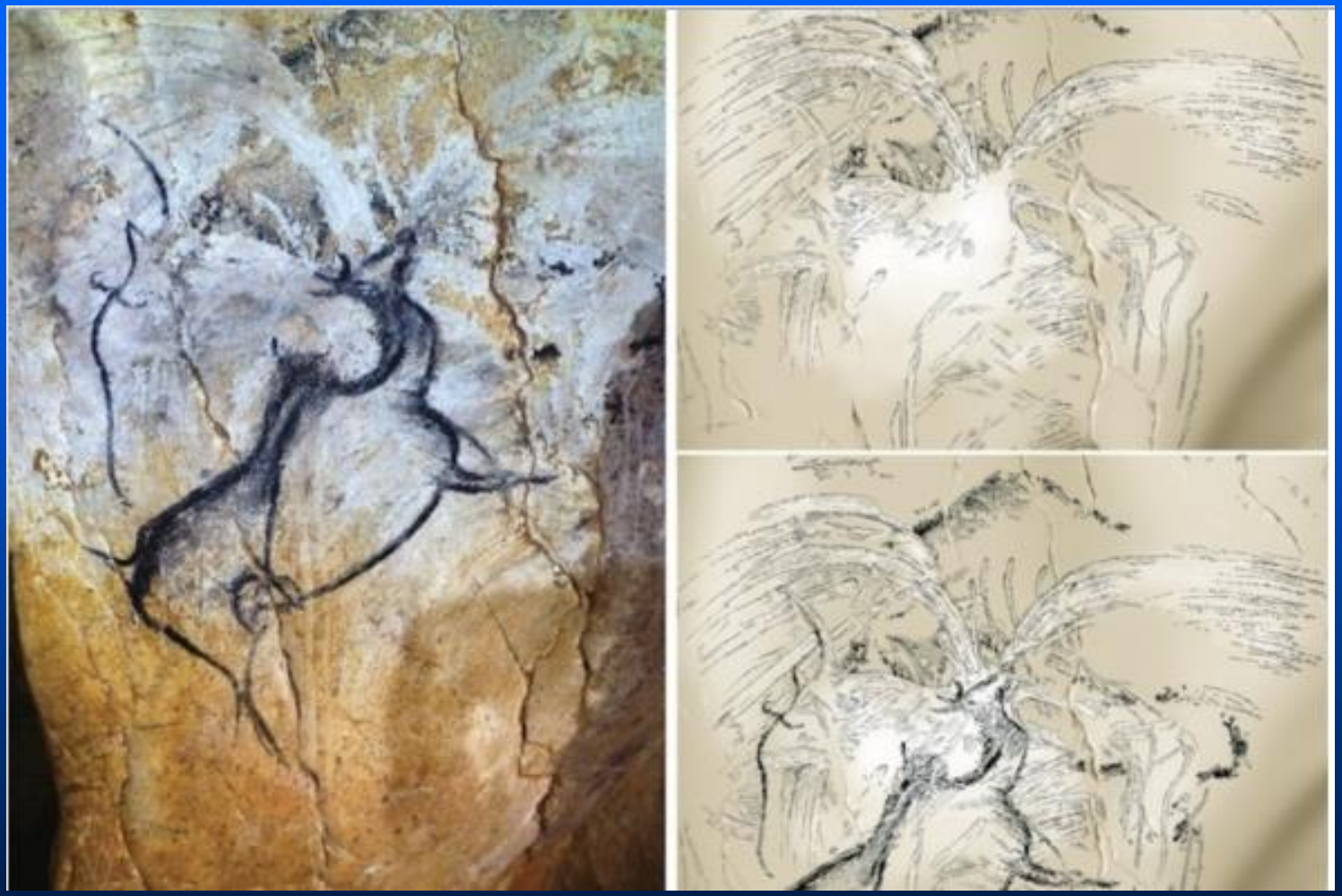
15 January 2016

Rights & Permissions



D. Genty (left)/V. Feruglio/D. Baffier (right)/CC BY 4.0

Spray-shaped drawings in an inner gallery of the Chauvet cave may depict a volcanic eruption. Left:



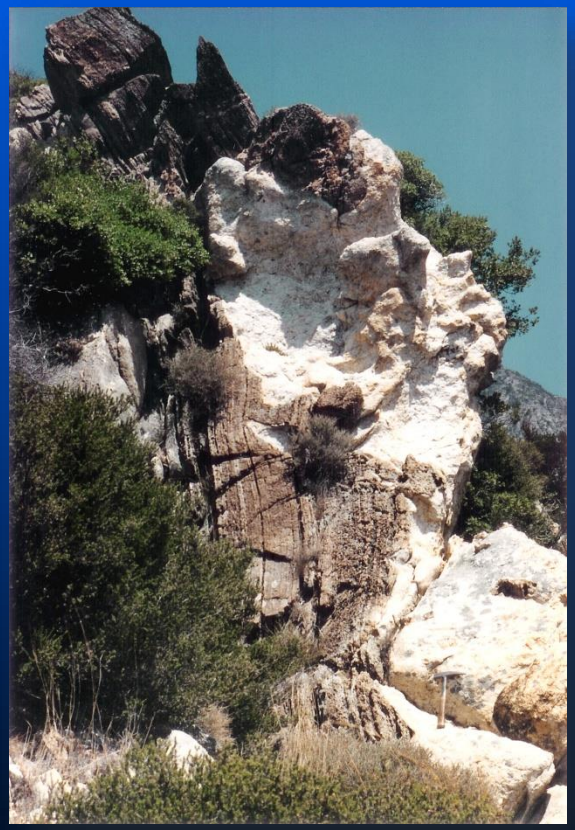
Βασάλτες και γρανίτες…

Αρχαίοι Έλληνες	θεός Ήφαιστος	
Αρχαίοι Ρωμαίοι	θεός Vulcan	
Αριστοτέλης	υπόγειοι άνεμοι, υπεύθυνοι τα ηφαίστεια και για τους σεισμούς	
άλλοι…	πρότειναν καύσιμη ύλη για τη δημιουργία ηφαιστείων	θείο, άσφαλτος, κάρβουνο, σιδηροπυρίτης
μέσα18ος αιώνας	αναγνώριση ανενεργών ηφαιστείων	σε Γερμανία, Γαλλία και Μ. Βρετανία
18ος - 19ος αιώνας και 19ος - 20ος αιώνας	Neptunists	απόθεση βασαλτών και γρανιτών από υδατικά διαλύματα
	Plutonists	βασάλτες: πλουτώνιο γρανίτες: από μίξεις ρευστών-τηγμάτων ή από μεταμόρφωση ιζήμάτων

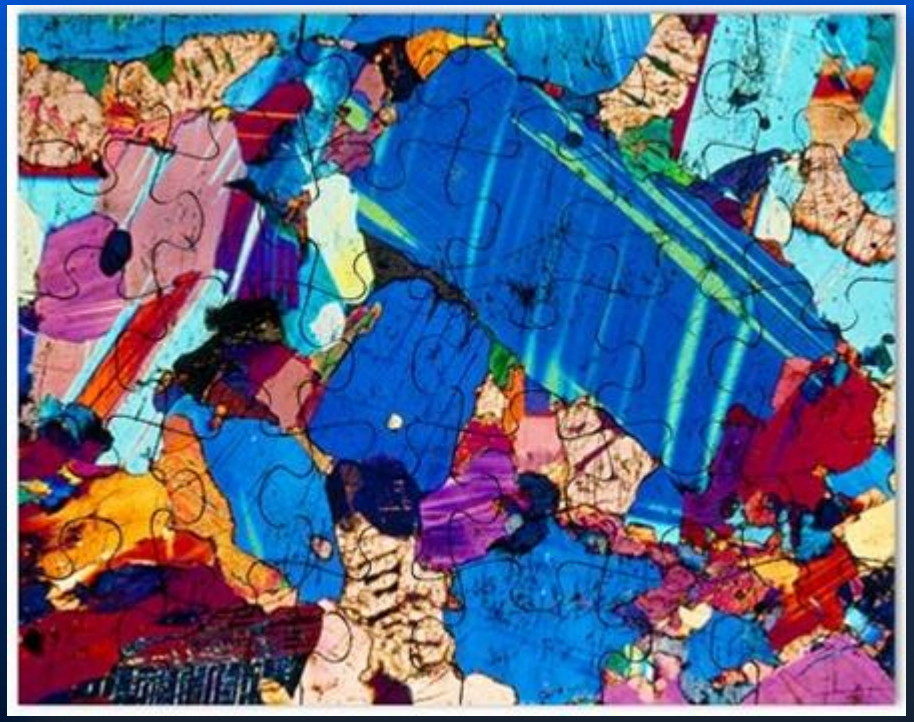
Strong explosion of Batu Tara volcano on the evening of 2 Nov 2014 (Flores Sea, Indonesia) (Photo: Andi / VolcanoDiscovery Indonesia) http://www.volcanodiscovery.com

Κριτήρια αναγνώρισης Μαγματικών Πετρωμάτων

- Έρευνα πεδίου



- Ιστολογικά στοιχεία (Πετρογραφία)



Τι ακριβώς αναζητάμε;

- Πως δημιουργούνται τα τήγματα;
- Τι τήκεται και που;
- Τι παράγεται μέσω της τήξης;
- Πως κρυσταλλώνεται ένα τήγμα;
- Πως εξελίσσονται τήγμα & στερεό κατά τις διαδικασίες κρυστάλλωσης και τήξης;
- Πως εξηγείται η μεγάλη ποικιλία μαγματικών πετρωμάτων;
- Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ είδους πετρώματος και γεωτεκτονικού περιβάλλοντος; Τι την ελέγχει;

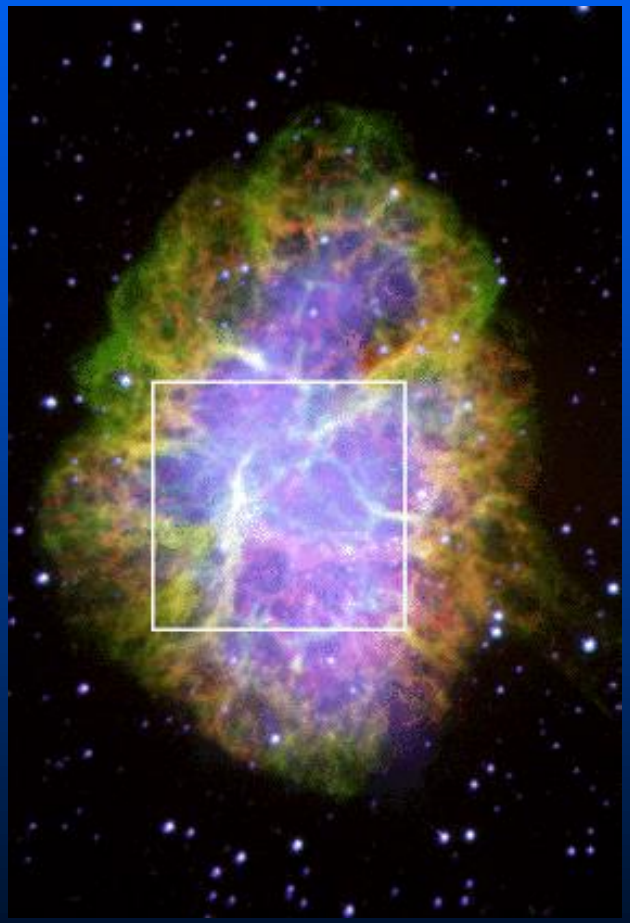
Ποια είναι τα εφόδιά μας;

- Εμπειρία παρατήρησης πετρωμάτων
- Πειραματικά δεδομένα
- Γνώση σχετικών θεωριών (π.χ. θερμοδυναμική, χημεία)
- Γνώση του εσωτερικού της γης
- Πρακτική εμπειρία με φαινόμενα μαγματικής δραστηριότητας (και μέσω βιβλιογραφίας)

http://webcams.volcanodiscovery.com/etna

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΚΑΙ ΣΤΗ ΓΗ

- **Θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης (Big Bang, ~ 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια πριν)**
- **Η ύλη και η ενέργεια όλου του σύμπαντος δημιουργήθηκε σχεδόν ακαριαία σε κάποια εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου**

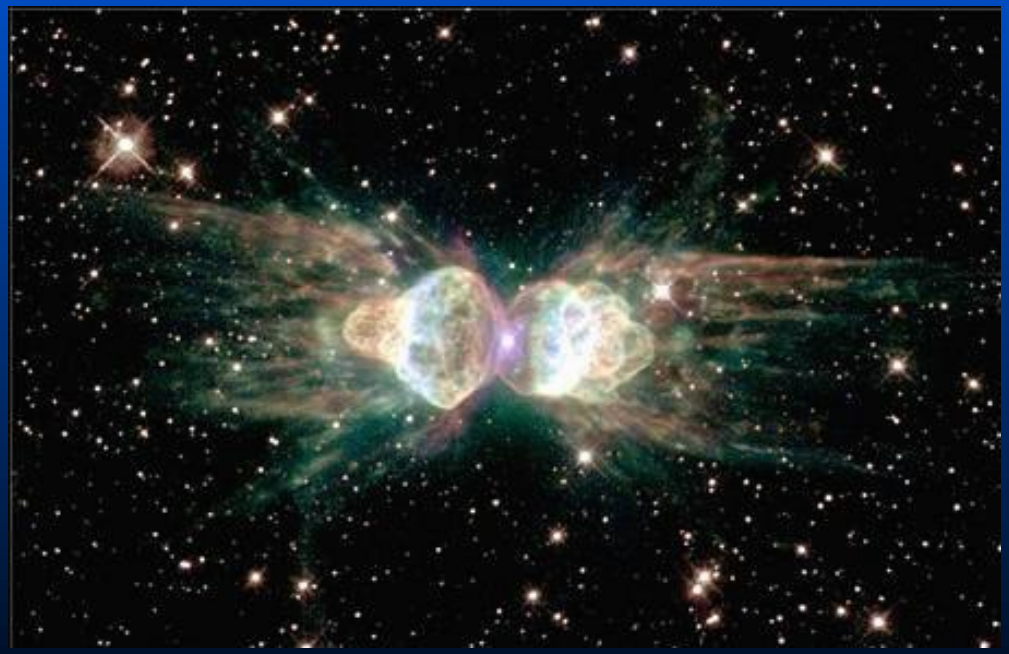


ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΚΑΙ ΣΤΗ ΓΗ

- **Η ιδέα ανήκει στον Hubble ο οποίος βασίστηκε στην παρατήρηση της απομάκρυνσης κάποιων γαλαξιών στον αστερισμό της Παρθένου (Θεωρία της Διαστολής του Σύμπαντος)**
- **Επιβεβαιώθηκε από τους Penzias και Wilson (Νόμπελ Φυσικής 1964)**

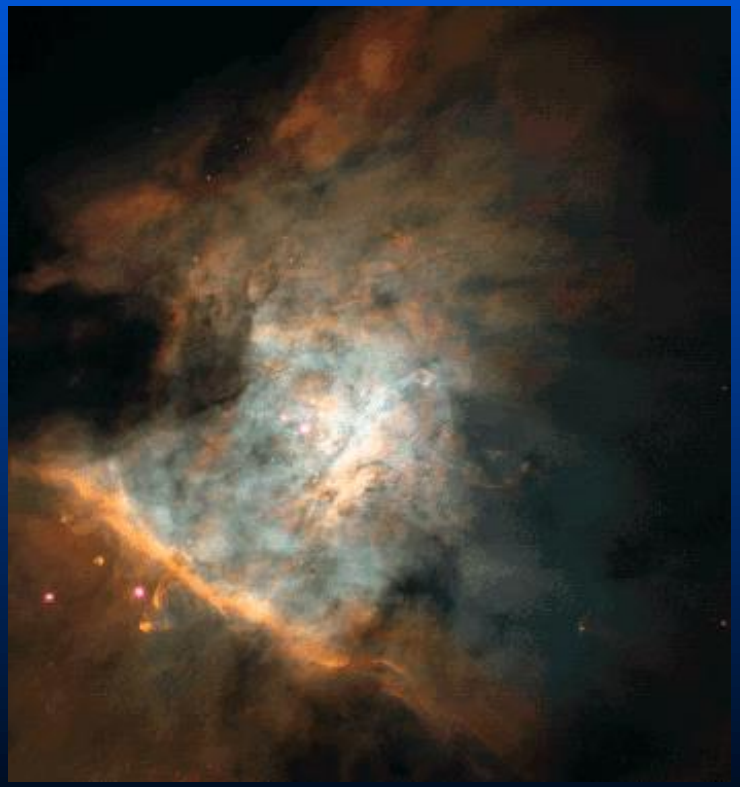
Βασικά στάδια

- ~12-15 δισεκατομμύρια χρόνια πριν:
  - Σχηματισμός του Σύμπαντος
  - Η ύλη βρίσκεται σε εξαιρετικά υψηλή θερμοκρασία



Βασικά στάδια

- ~ 0,5 ώρες μετά: Διαστολή του Σύμπαντος, ψύξη σε θερμοκρασίες της τάξης των μερικών δισεκατομμυρίων ^{o}C Συνένωση υποατομικών σωματιδίων και σχηματισμός πυρήνων H_2 και He (και λιγότερο Be και Li)
- Μόλις το 2% αποτελείται από βαρύτερα στοιχεία



Βασικά στάδια

- ~750.000 χρόνια μετά: Η θερμοκρασία πέφτει στους 3000 ^{o}C περίπου. Προσέγγιση των ηλεκτρονίων στους πυρήνες
- Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες επιτρέπουν το σχηματισμό αρχικών συσσωματωμάτων ύλης, παρότι το Σύμπαν εξακολουθεί να διαστέλλεται

Βασικά στάδια

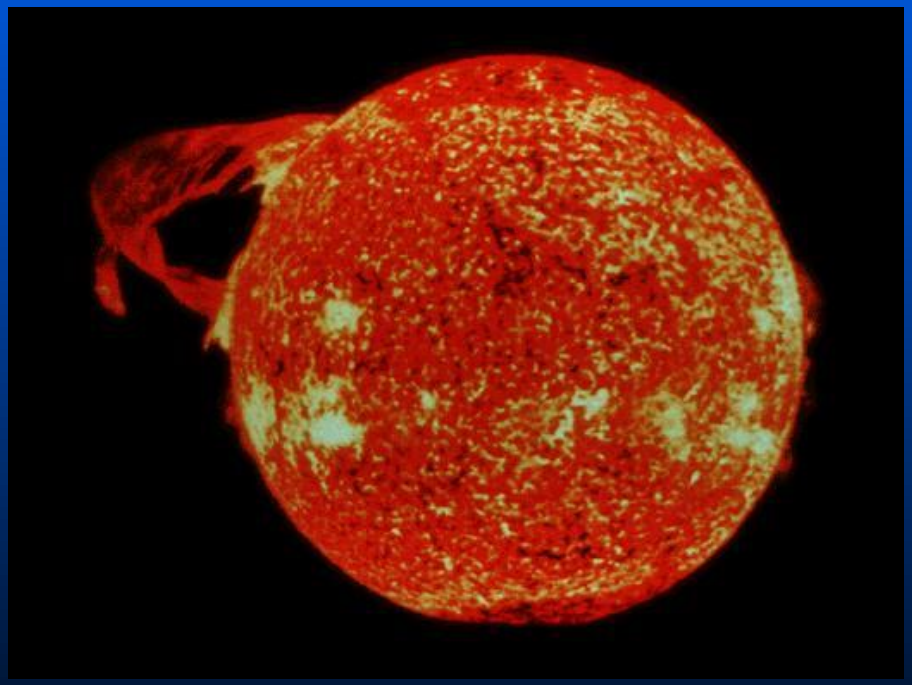
- Σχηματισμός Αστέρων, Γαλαξιακών Νεφελωμάτων και Γαλαξιών.
- Αύξηση μάζας τους και της βαρυτικής έλξης τους

Βασικά στάδια

- Διατήρηση της θερμοκρασίας σε επίπεδα ικανά να διατηρήσουν πυρηνική θερμότητα, που ενισχύεται από σύντηξη Η

Βασικά στάδια

- Πυρηνικές αντιδράσεις δημιούργησαν τα βαρύτερα στοιχεία, σε διαφορετικές θερμοκρασίες
- Πολλοί Αστέρες απέκτησαν Πλανήτες και άλλους Δορυφόρους

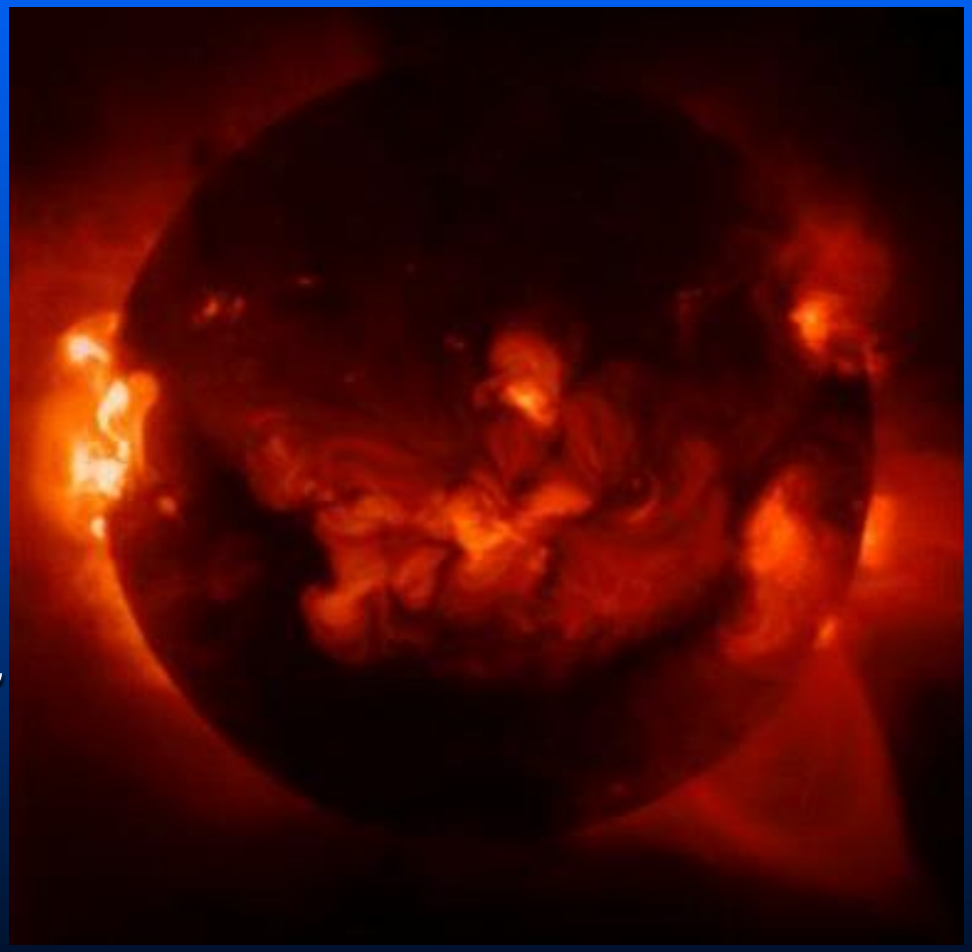


Βασικά στάδια

- ~ 5 δις χρόνια πριν: Σχηματισμός του Ηλιακού μας Συστήματος από τη συμπύκνωση ενός Νεφελώματος αποτελούμενο κυρίως από πρωτογενές H_2 και He

Βασικά στάδια

- Η σύντηξη Η στον Ήλιο ξεκίνησε στα πρώτα 100.000 χρόνια
- Ο Ήλιος στο διάστημα από 100.000-50 Ma είναι ένας T-Tauri πρωτοαστέρας



Βασικά στάδια

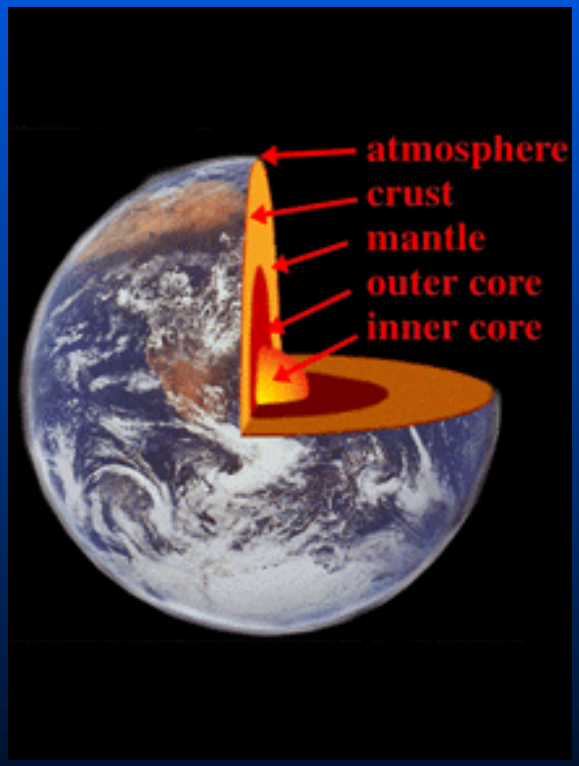
- Διαβάθμιση της θερμοκρασίας και της πίεσης οδήγησε στη διαφοροποίηση του Νεφελώματος
- Τα πιο πτητικά στοιχεία συγκεντρώθηκαν στο εξωτερικό, ψυχρότερο τμήμα ενώ τα πιο δύστηκτα συγκεντρώθηκαν στις θερμότερες περιοχές

Βασικά στάδια

- Συσσωματώματα μάζας συμπυκνώθηκαν σχηματίζοντας Πρωτοπλανήτες (Πρωτοηλιακό Σύστημα)
- Σχηματισμός ορυκτών με οξείδια και κράματα Fe-Ni στο κέντρο του Πρωτοηλιακού Συστήματος. Πυριτικά ορυκτά των Mg και Fe συγκεντρώθηκαν στα εξωτερικά τμήματα.
- H_2O, CH_4 και άλλα πτητικά συγκεντρώθηκαν στα πολύ εξωτερικά μέρη

Βασικά στάδια

- Σήμερα οι Γήινοι Πλανήτες και οι Αστεροειδείς περιέχουν υπολειμματικά βαριά στοιχεία
- Στη Γη έχουμε σχηματισμό ζωνών, που υποδεικνύει ότι αυτή συμπυκνώθηκε σε διάφορα στάδια

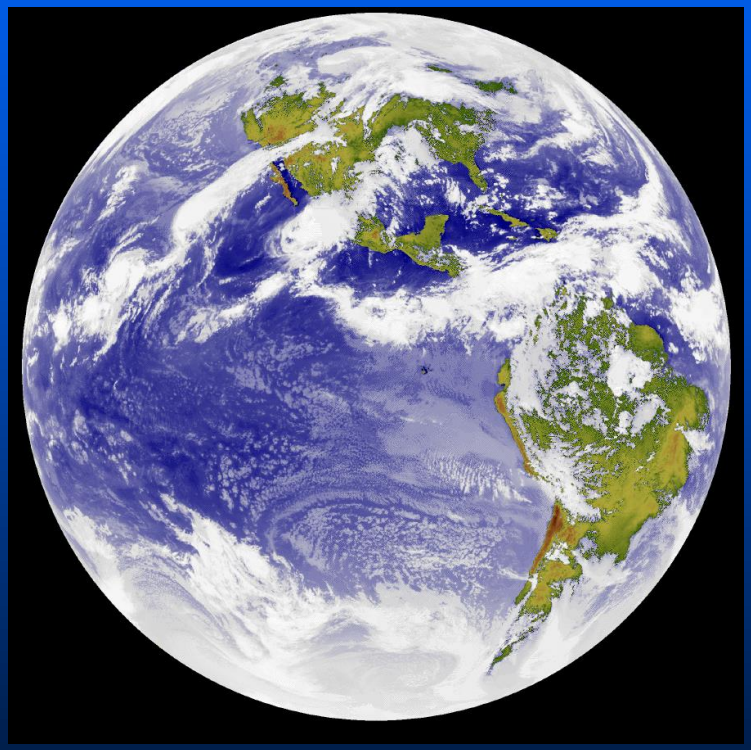


ΦΛΟΙΩΔΗΣ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Τα πρώτα τμήματα σχηματίστηκαν από πλούσια σε Fe-Ni πρωτοπλανητικά υλικά
- Στη συνέχεια πρωτοπλανητικά υλικά πλουσιότερα σε Si προστέθηκαν στο εξωτερικό της, δημιουργώντας έτσι την απότομη μετάβαση από τον πυρήνα στο μανδύα

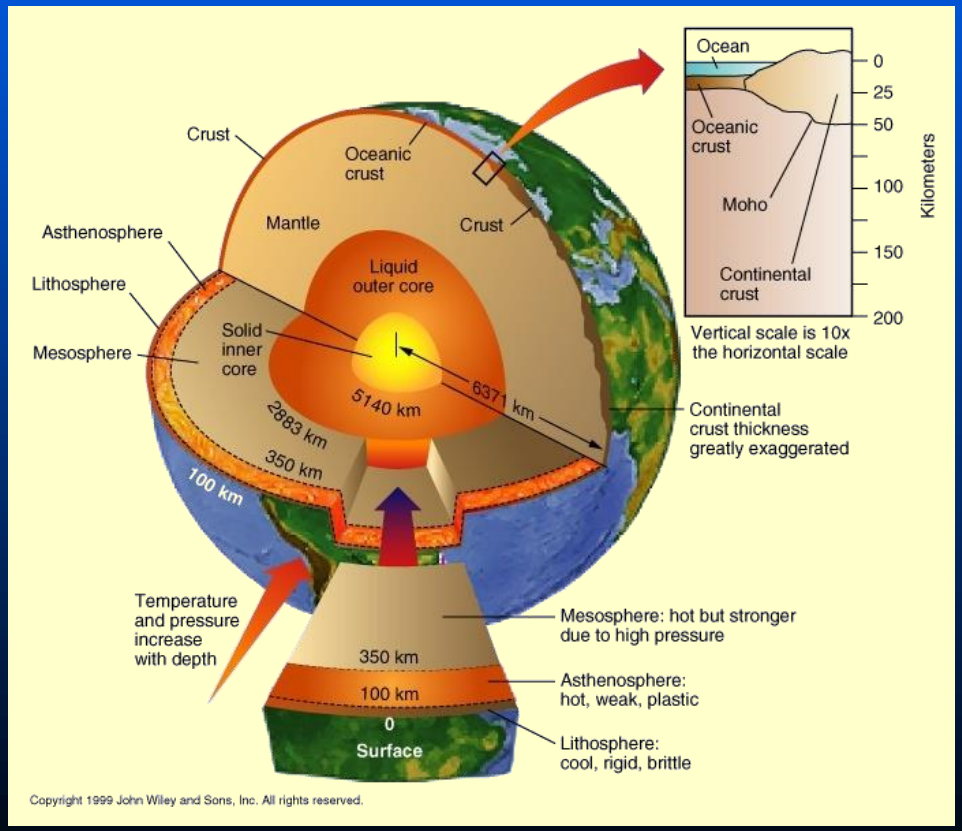
ΦΛΟΙΩΔΗΣ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Τέλος πρωτοπλανητικά υλικά πλούσια σε πτητικά συστατικά προστέθηκαν δημιουργώντας την αρχέγονη ατμόσφαιρα



ΦΛΟΙΩΔΗΣ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Στα αρχικά της στάδια η Γη ήταν πλήρως τετηγμένη
- Με την προοδευτική ψύξη της δημιουργήθηκε ο Στερεός Φλοιός

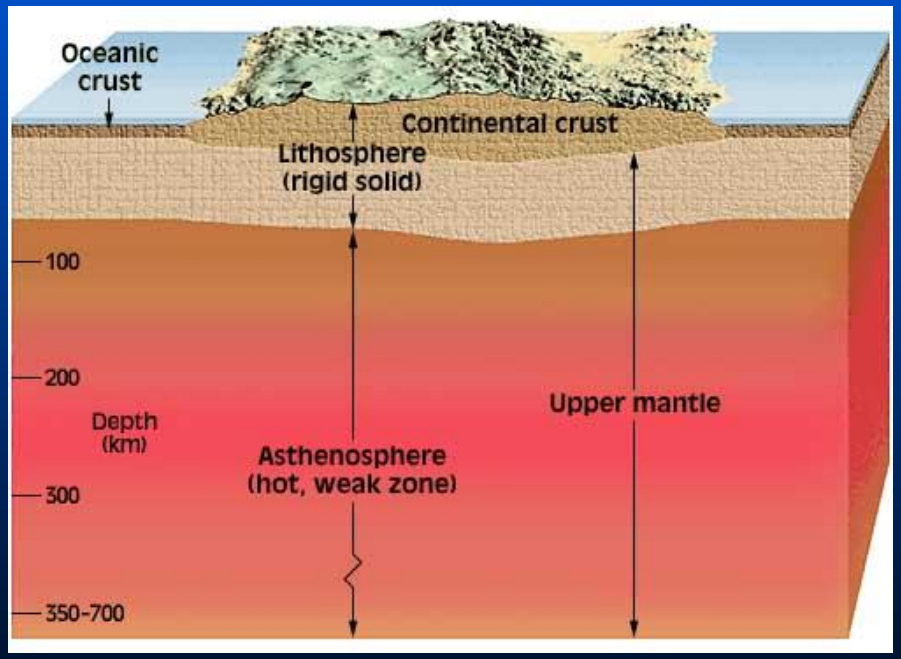


Η Δομή της Γης

Φλοιός

- *Ωκεάνιος*

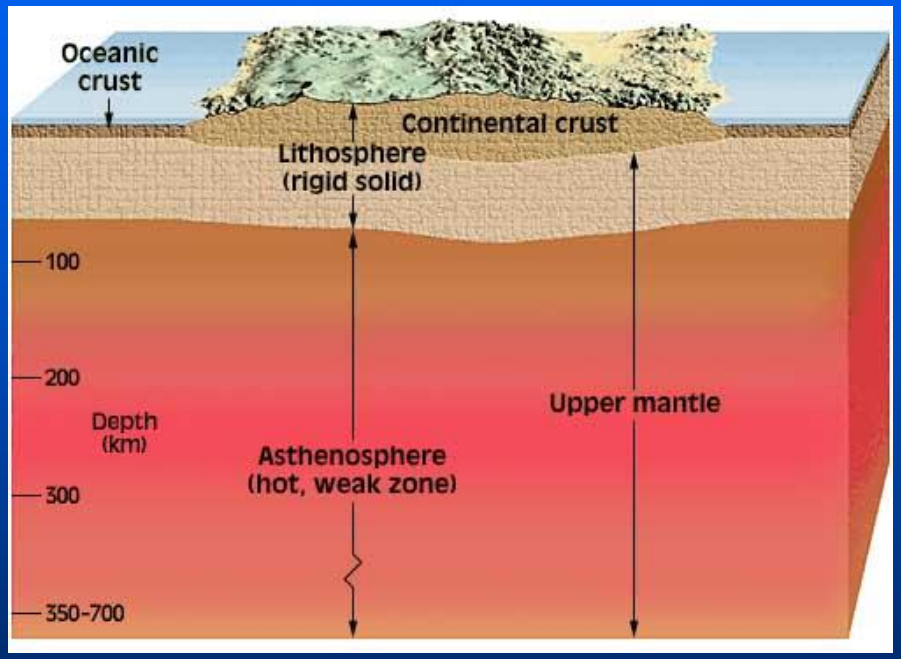
- *Ηπειρωτικός*



Η Δομή της Γης

Φλοιός

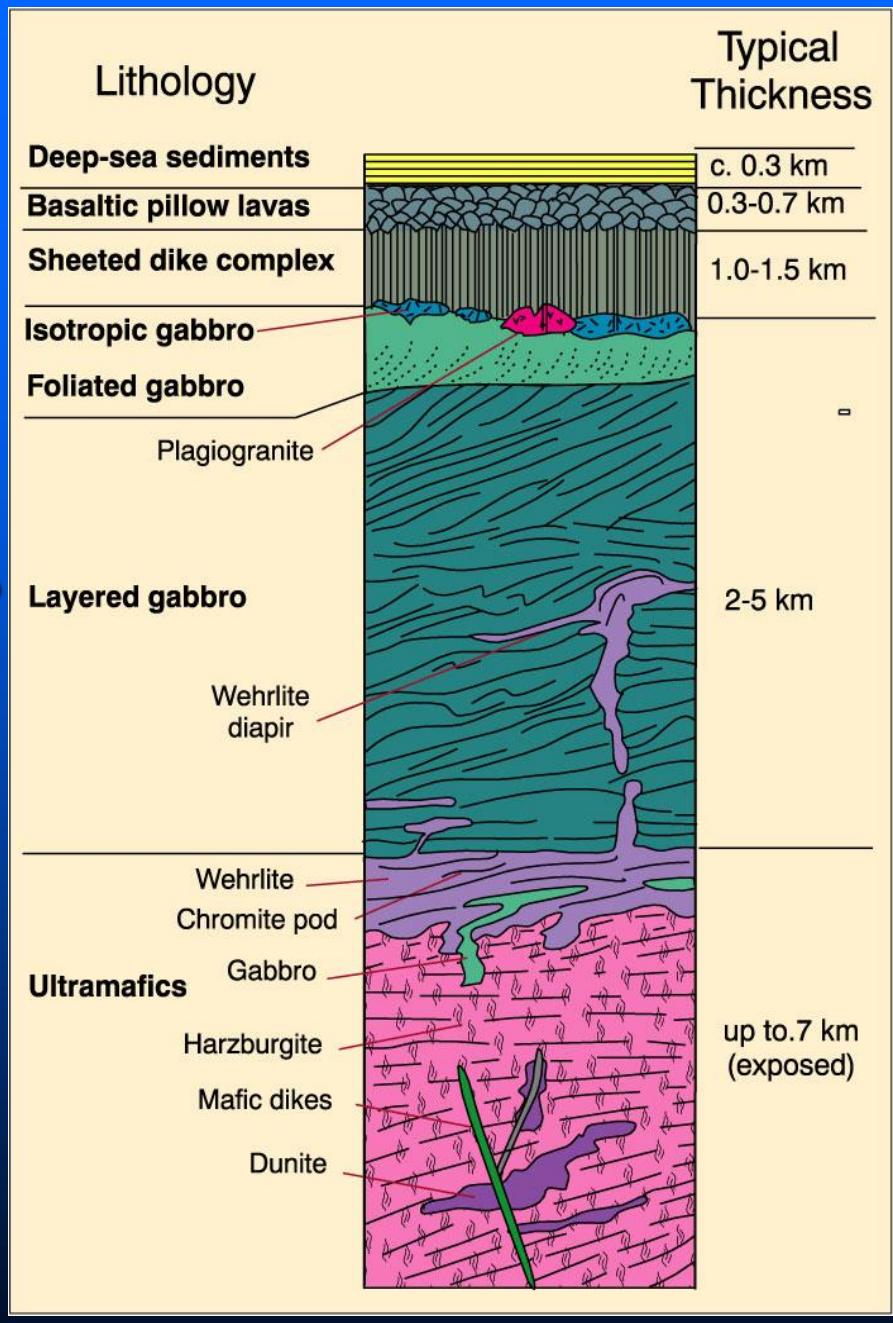
- ***Ηπειρωτικός***
  - Πάχος 25-70 km, μέση πυκνότητα 2,7g/cm^3 και μεγάλη λιθολογική ανομοιογένεια, μέση σύσταση τοναλιτική



Η Δομή της Γης

Φλοιός

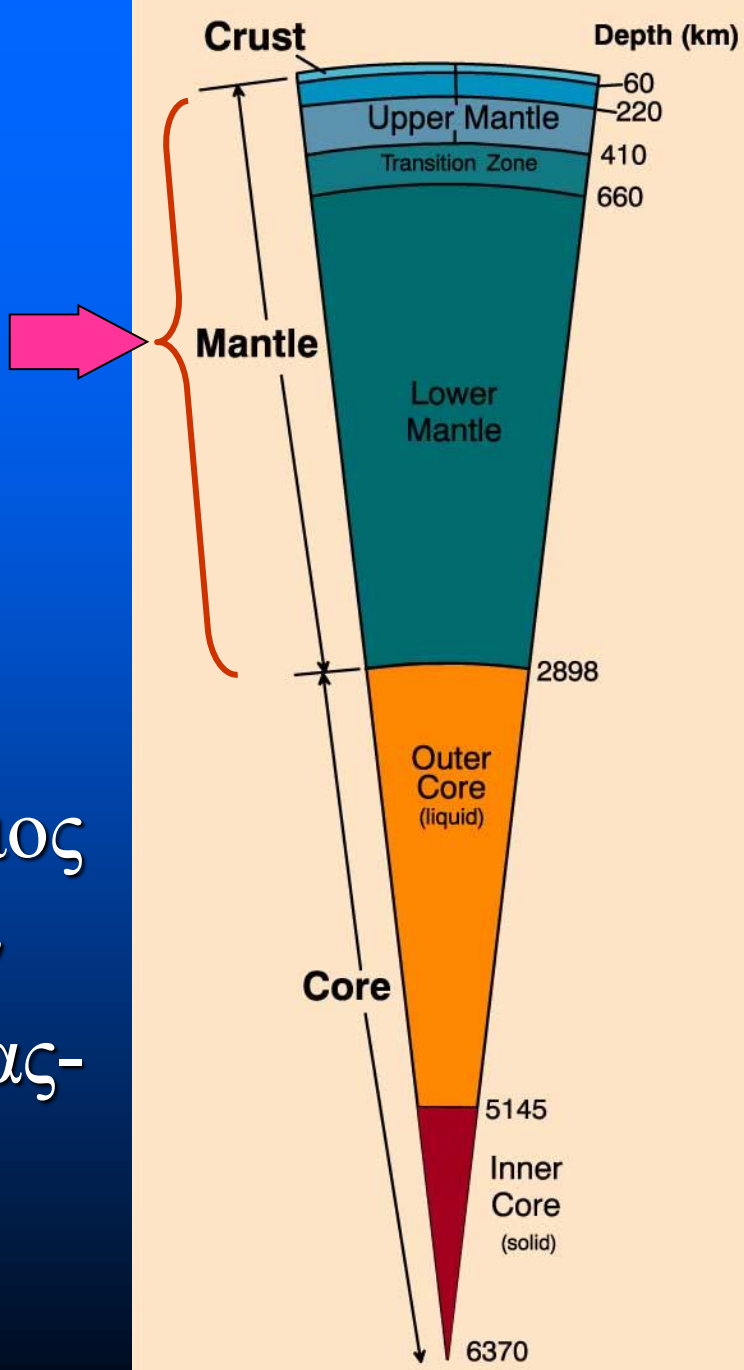
- ***Ωκεάνιος***
  - Μέσο πάχος 7-10 km, μέση πυκνότητα 3,3g/cm^3, σχετική ομοιομορφία (οφιόλιθοι)



Η Δομή της Γης

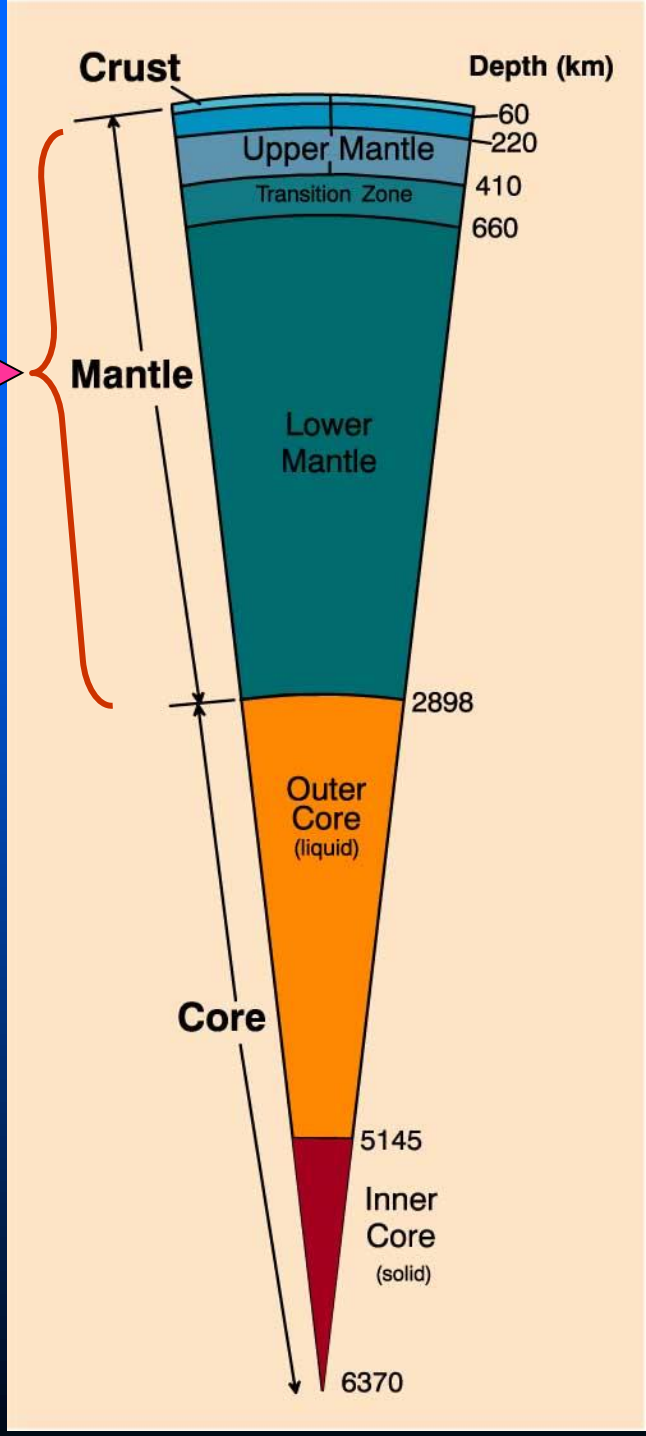
Μανδύας

- Περιδοτίτης (υπερβασικά πετρώματα)
- Ανώτερος Μανδύας (έως τα 410 Km) ολιβίνης → σπινέλιος
- Στρώμα χαμηλών ταχυτήτων 60-220 Km (όριο λιθόσφαιρας-ασθενόσφαιρας)



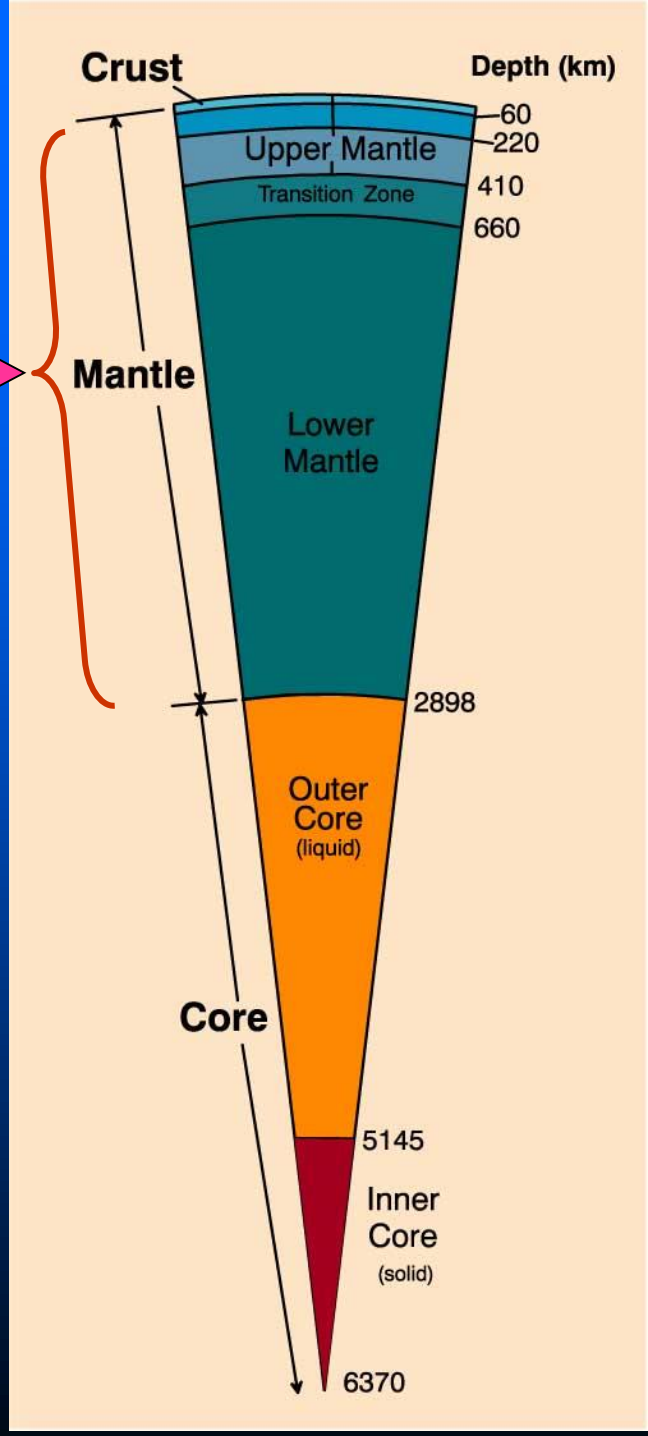
Η Δομή της Γης

- Μεταβατική Ζώνη 410-660 Km (όριο ανώτερου κατώτερου Μανδύα)
- Απότομη αύξηση της ταχύτητας σεισμικών κυμάτων
- Μετατροπές:
  - **410 km**: olivine → wadsleyite → ringwoodite
  - **660 km**: σπινέλιου → περοβσκίτη και Si^{IV} → Si^{VI} και το υπόλοιπο Mg, Fe → magnesiowustite και ferropericlase



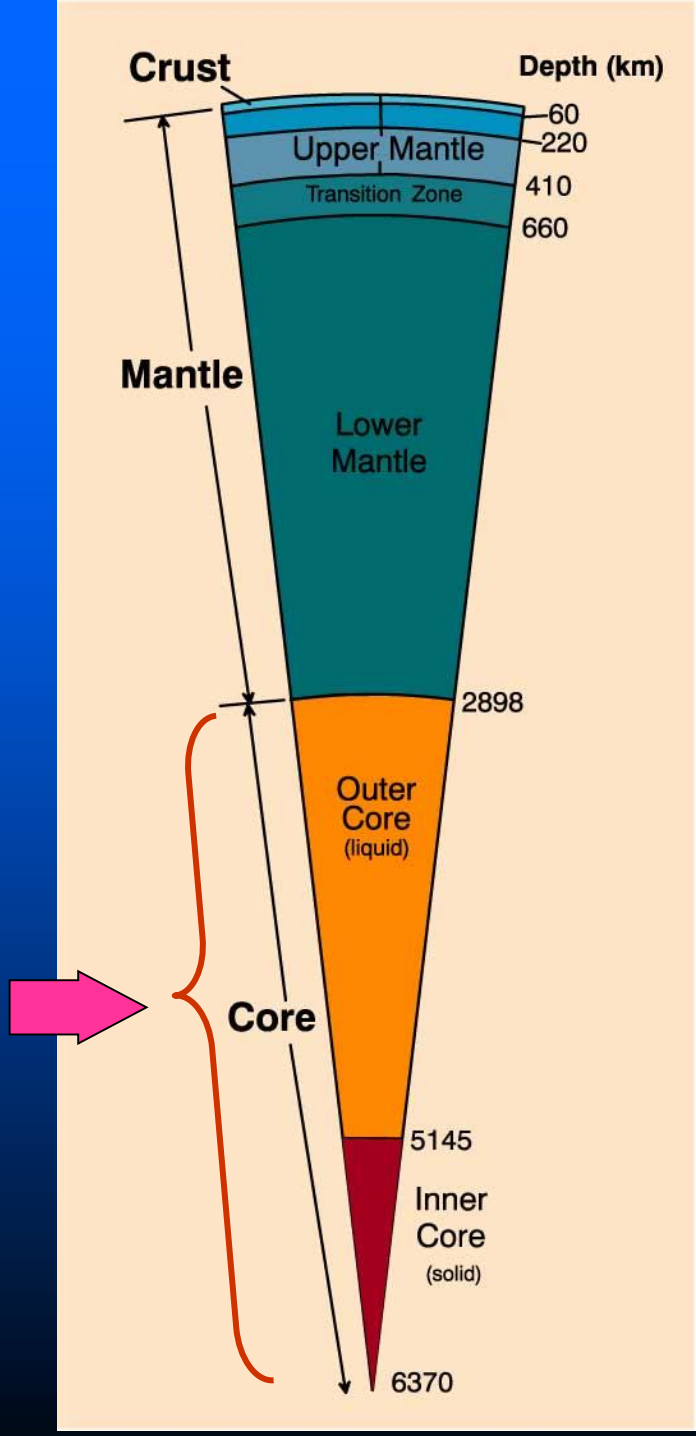
Η Δομή της Γης

- Κατώτερος Μανδύας
- Παρουσιάζει πιο βαθμιαία αύξηση της ταχύτητας σεισμικών κυμάτων
- D’’ layer: ετερογενές στρώμα στα τελευταία 200 km
- 40 km sublayer στο όριο με πυρήνα
- Που οφείλονται

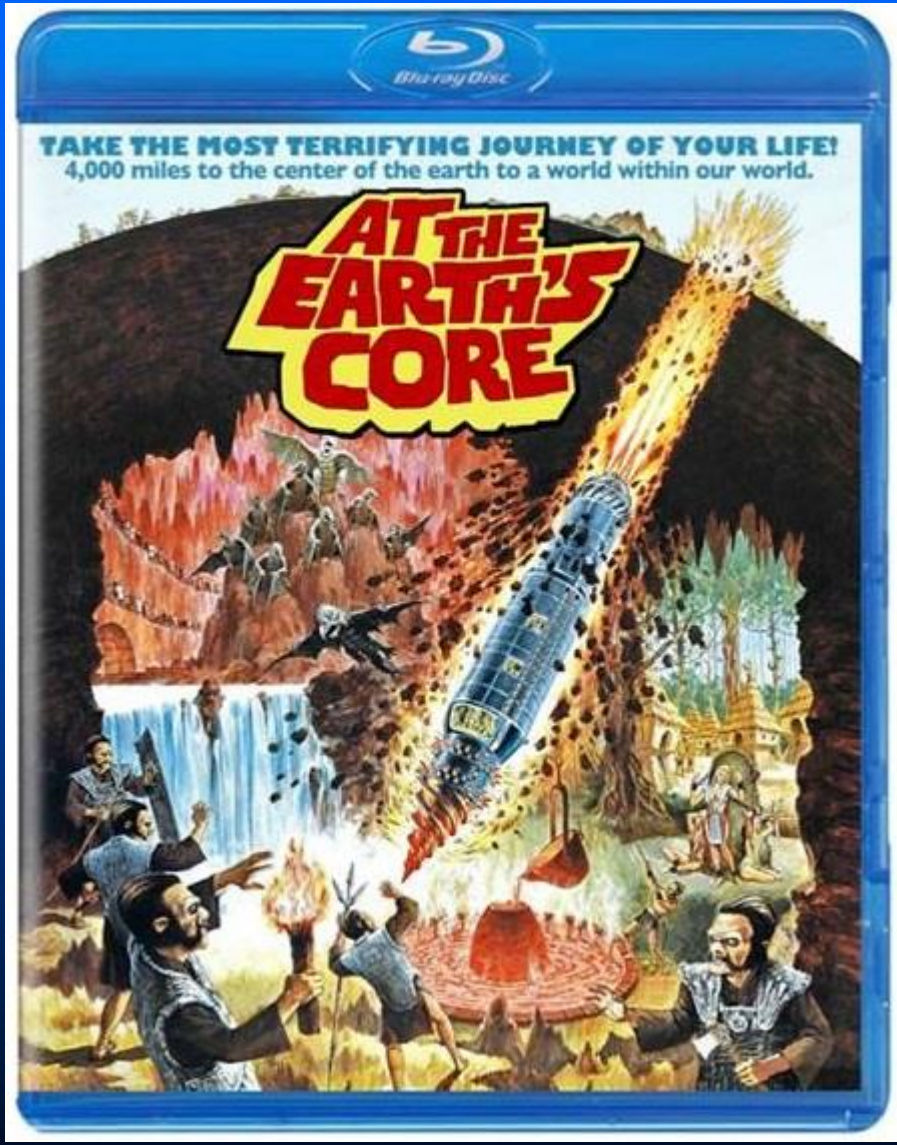


Η Δομή της Γης

- Πυρήνας: Κράμα Fe-Ni
- Εξωτερικός Υγρός (απουσία σεισμικών κυμάτων S)
- Εσωτερικός Στερεός



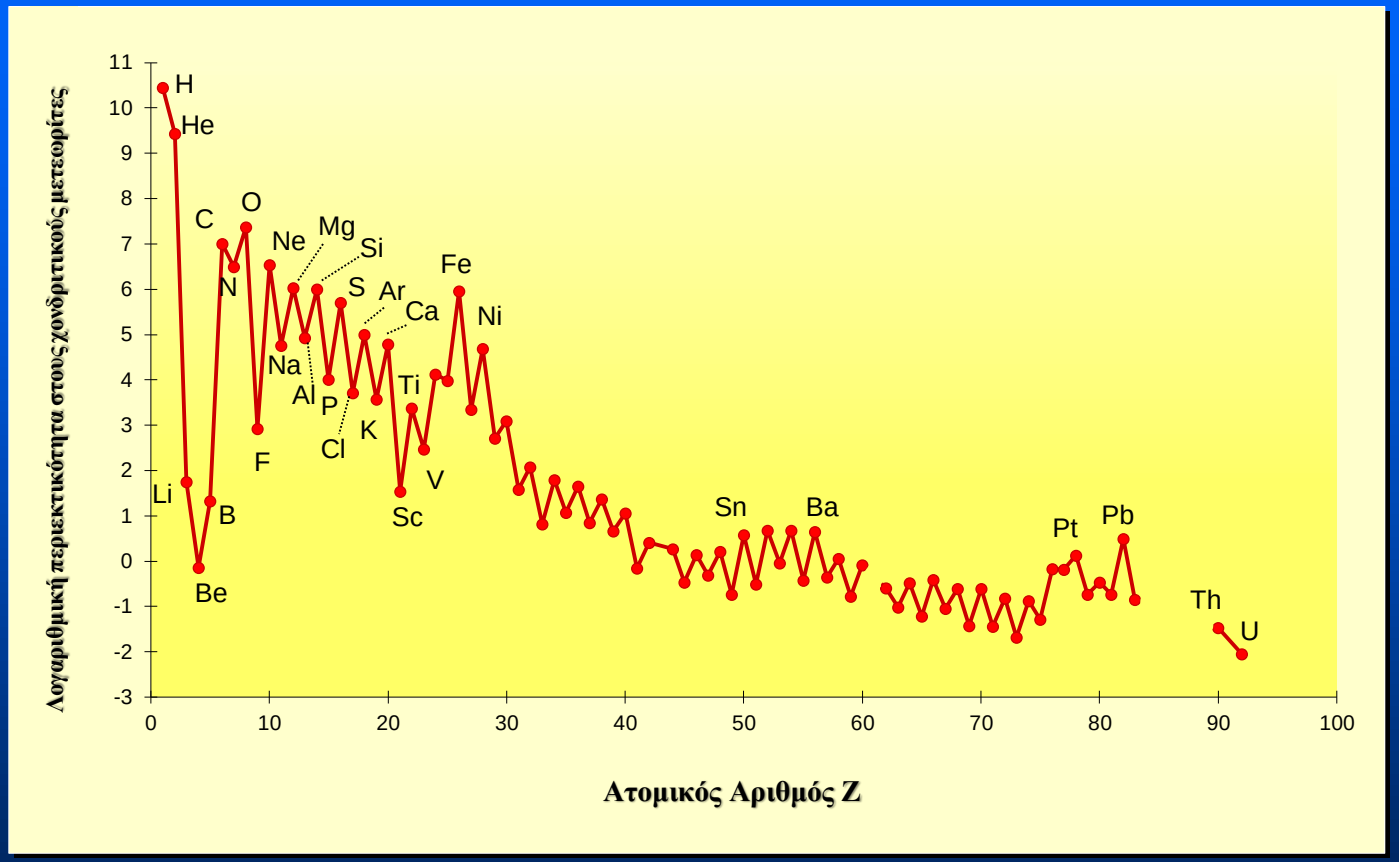
Πως τα γνωρίζουμε όλα αυτά;



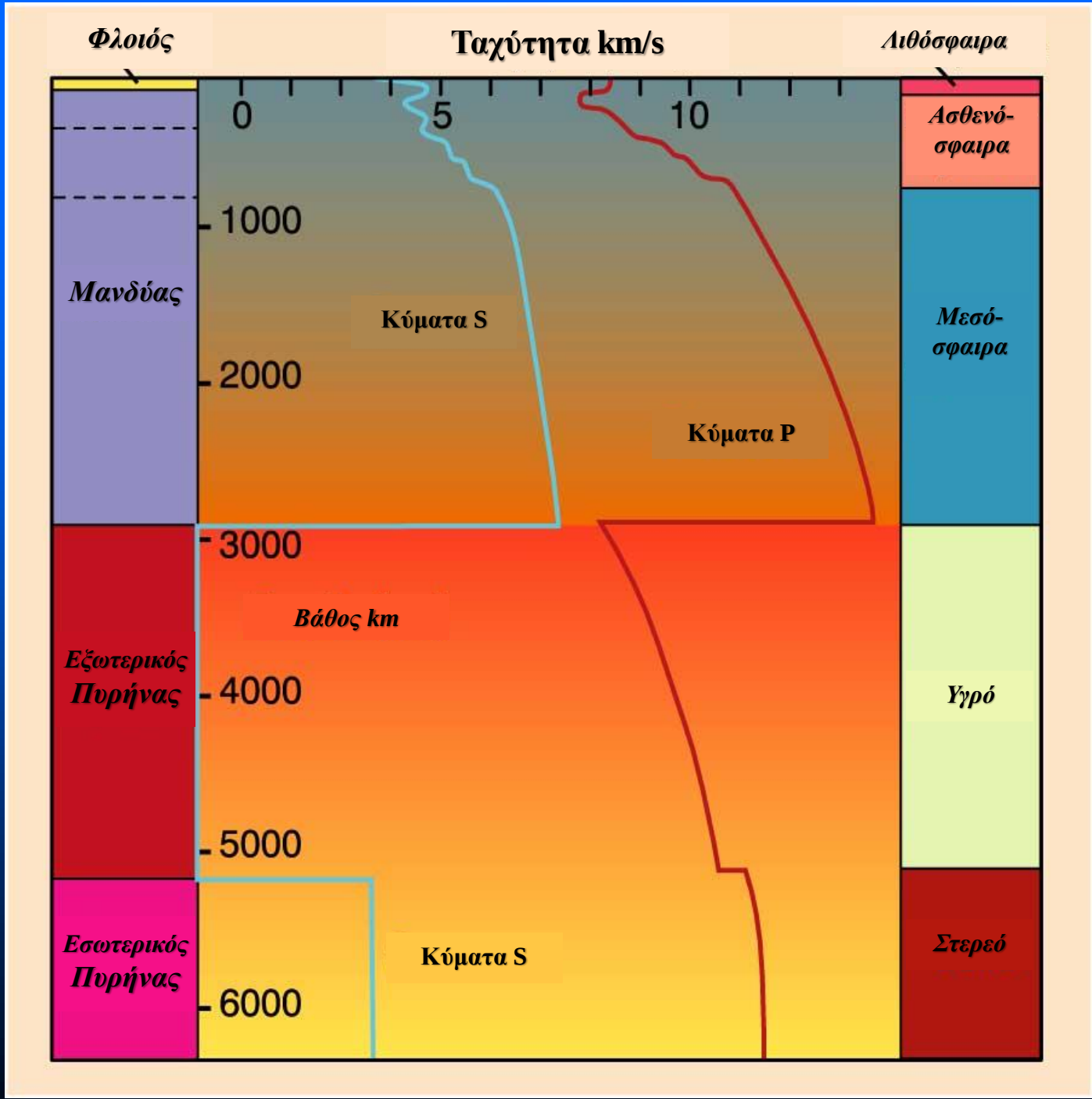
Πως τα γνωρίζουμε όλα αυτά;

- Μπορούμε να αναπτύξουμε μόνο θεωρίες
- Ακολουθούμε εκείνη με την απλούστερη εξήγηση όλων των δεδομένων δίχως να παραβιάζουν κάποιους από τους νόμους της φυσικής
- Μπορούμε να υπολογίσουμε την μάζα και την μέση πυκνότητα
- Παίρνουμε στοιχεία από την σύσταση του αστρικού νέφους (παρόμοια η σύσταση της γης)

Φαινόμενο Oddo-Harkins



- Τα στοιχεία με άρτιους ατομικούς αριθμούς είναι αφθονότερα στη φύση



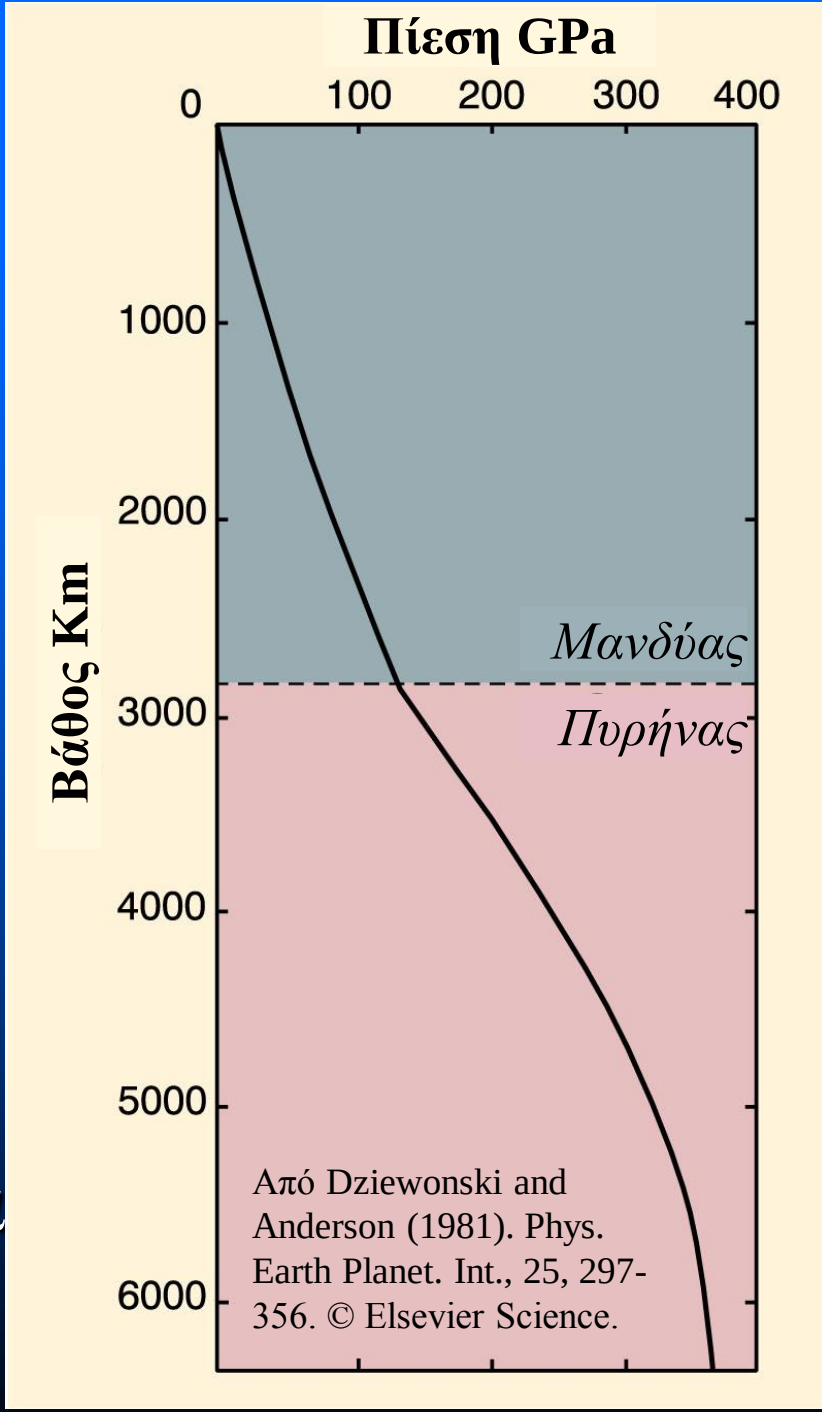
Ταχύτητες σεισμικών κυμάτων στο εσωτερικό της Γης (από Kearey and Vine 1990, Global Tectonics. © Blackwell Scientific Oxford)

Πως τα γνωρίζουμε όλα αυτά;

- Πληροφορίες για τον μανδύα:
  - Μελέτη οφιολιθικών πετρωμάτων (μανδύας)
  - Ξενόλιθοι κιμπερλιτών (μανδύας)
- Πληροφορίες για τον πυρήνα:
  - Μετεωρίτες

Γεωβαρομετρική Βαθμίδα

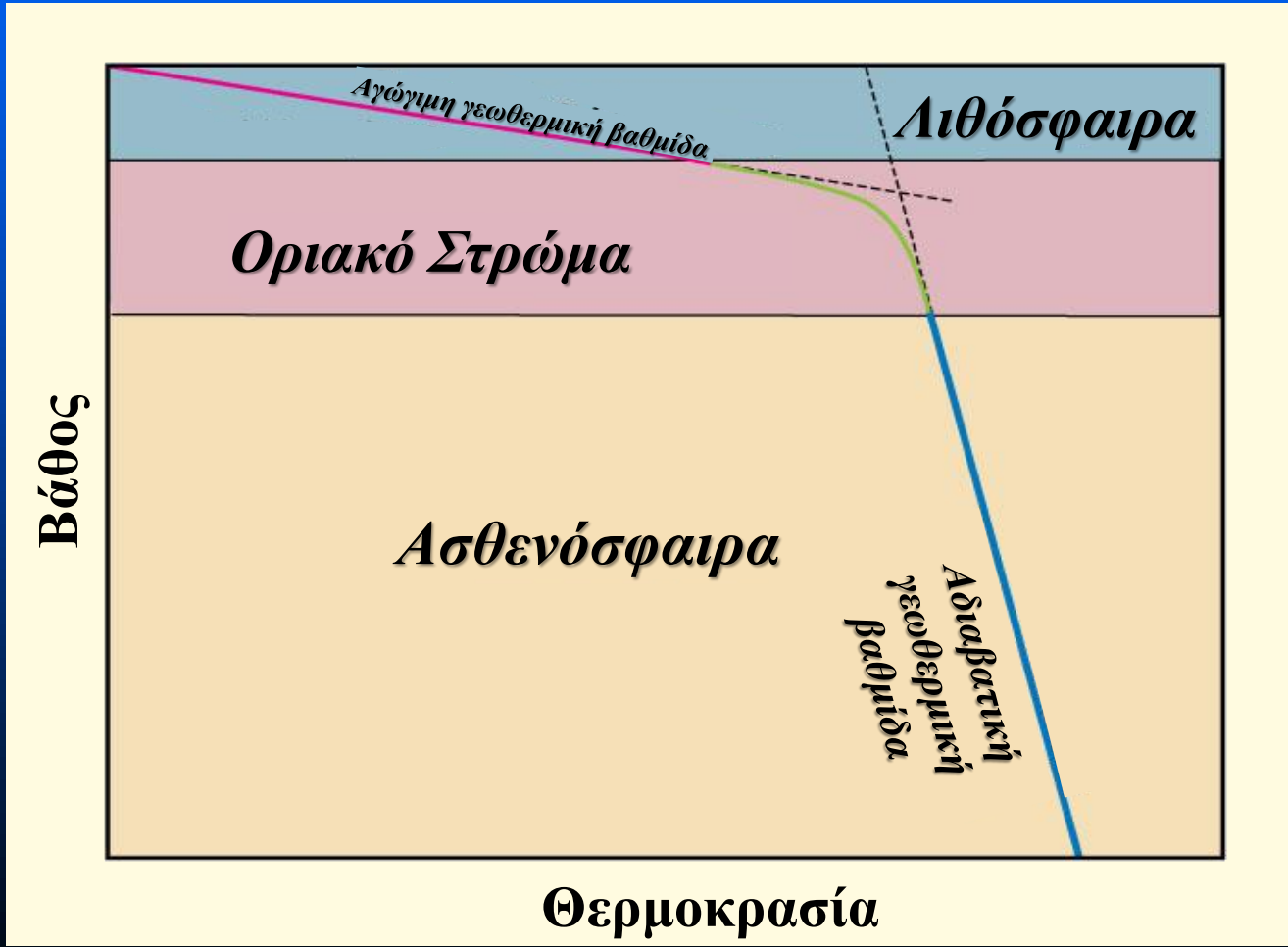
- P = ρgh
- Αύξηση της πίεσης σχεδόν γραμμική εντός του μανδύα
- ~ 1GPa στη βάση του φλοιού
- ~ 30 MPa/km
- Η πυκνότητα του πυρήνα αυξάνει πιο γρήγορα



Από Dziewonski and Anderson (1981). Phys. Earth Planet. Int., 25, 297-356. © Elsevier Science.

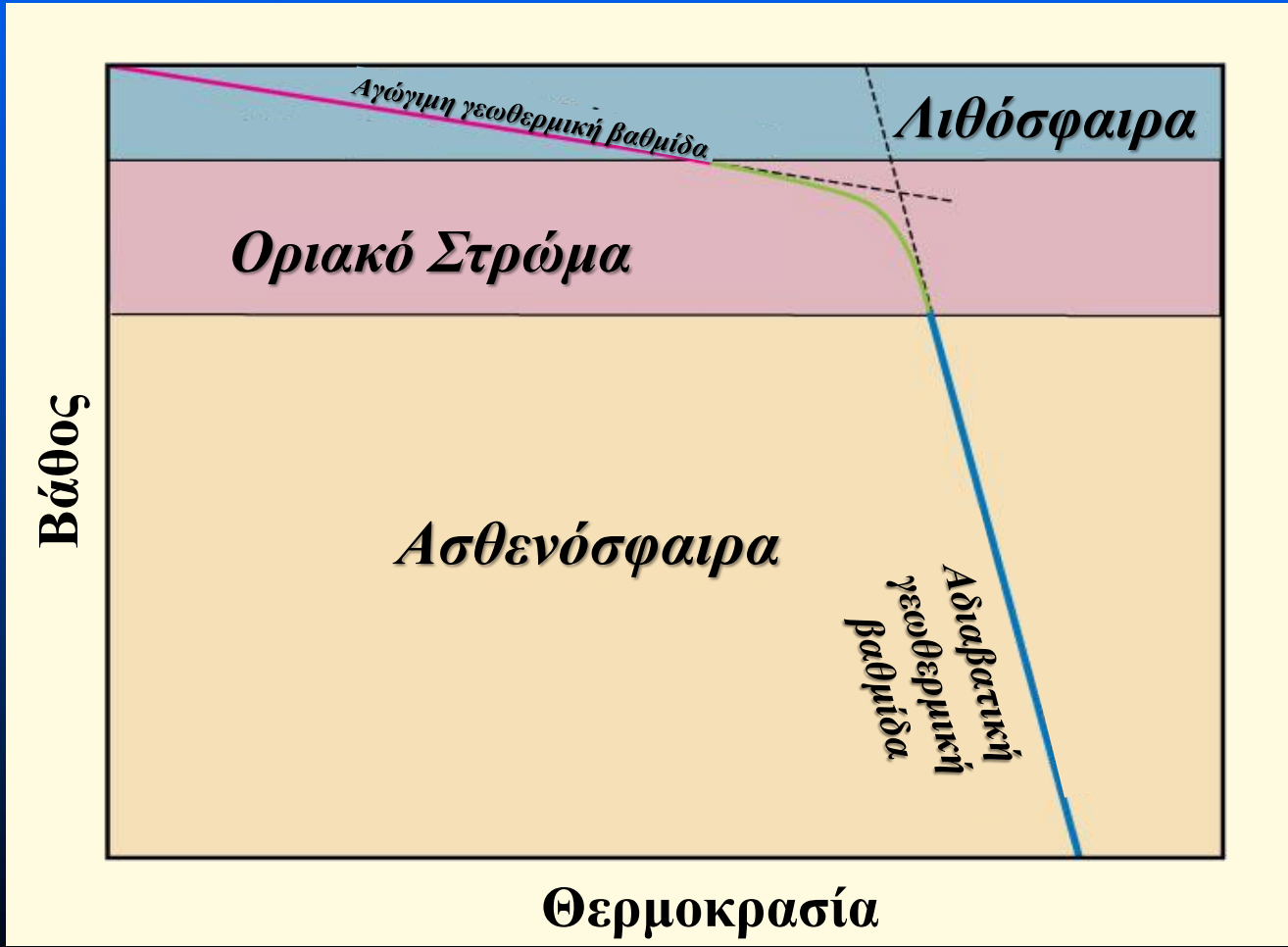
Γεωθερμική Βαθμίδα

- Λεπτή λιθόσφαιρα:
- Πιο αποτελεσματική αδιαβατική μεταγωγή θερμότητας στην **ευκίνητη ασθενόσφαιρα** (μεγάλη κλίση βαθμίδας)



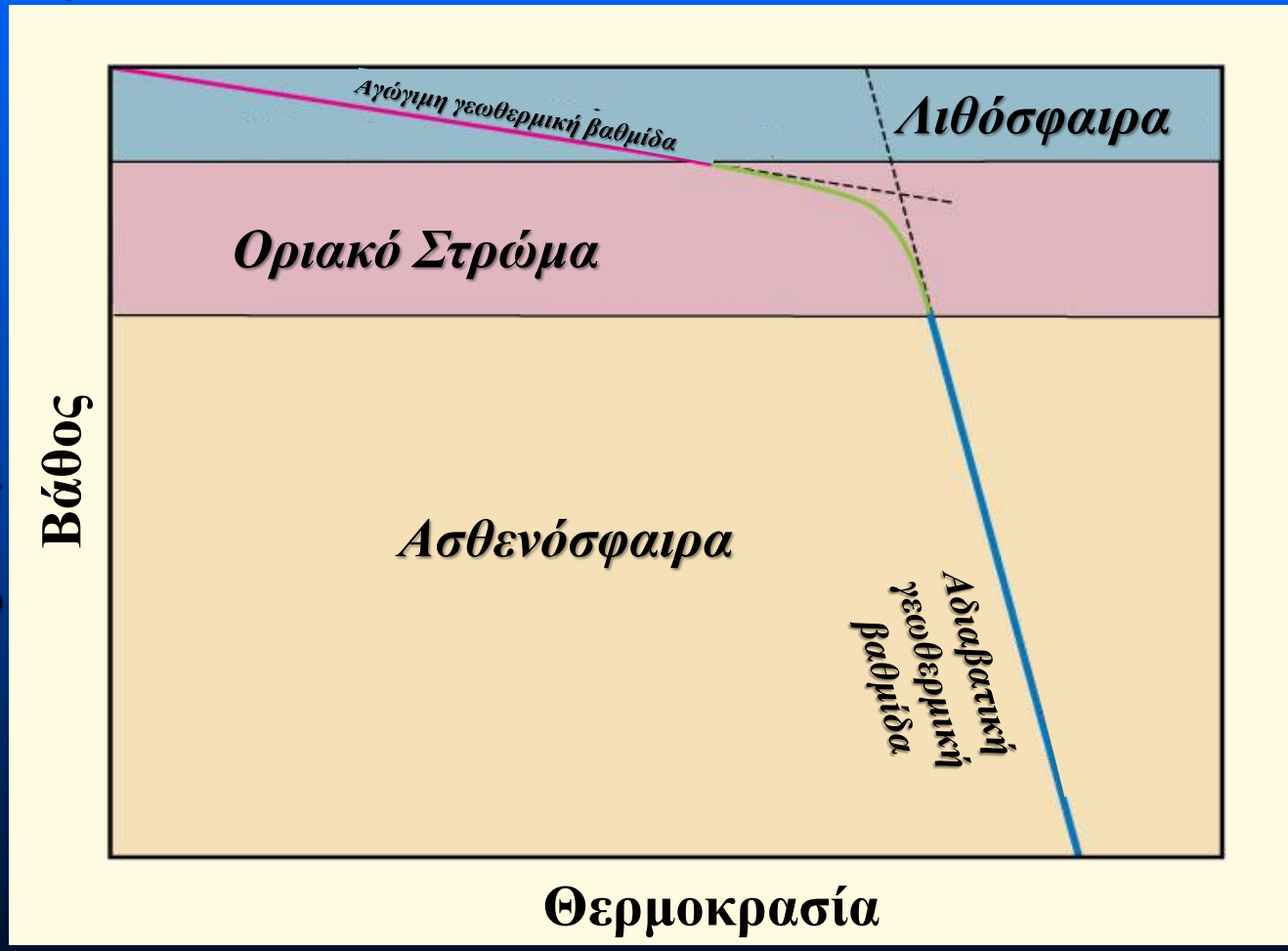
Γεωθερμική Βαθμίδα

- Λεπτή λιθόσφαιρα:
- Λιγότερο αποτελεσματική αγώγιμη μεταφορά θερμότητας στη **δύσκαμπτη λιθόσφαιρα** (μικρότερη κλίση βαθμίδας)



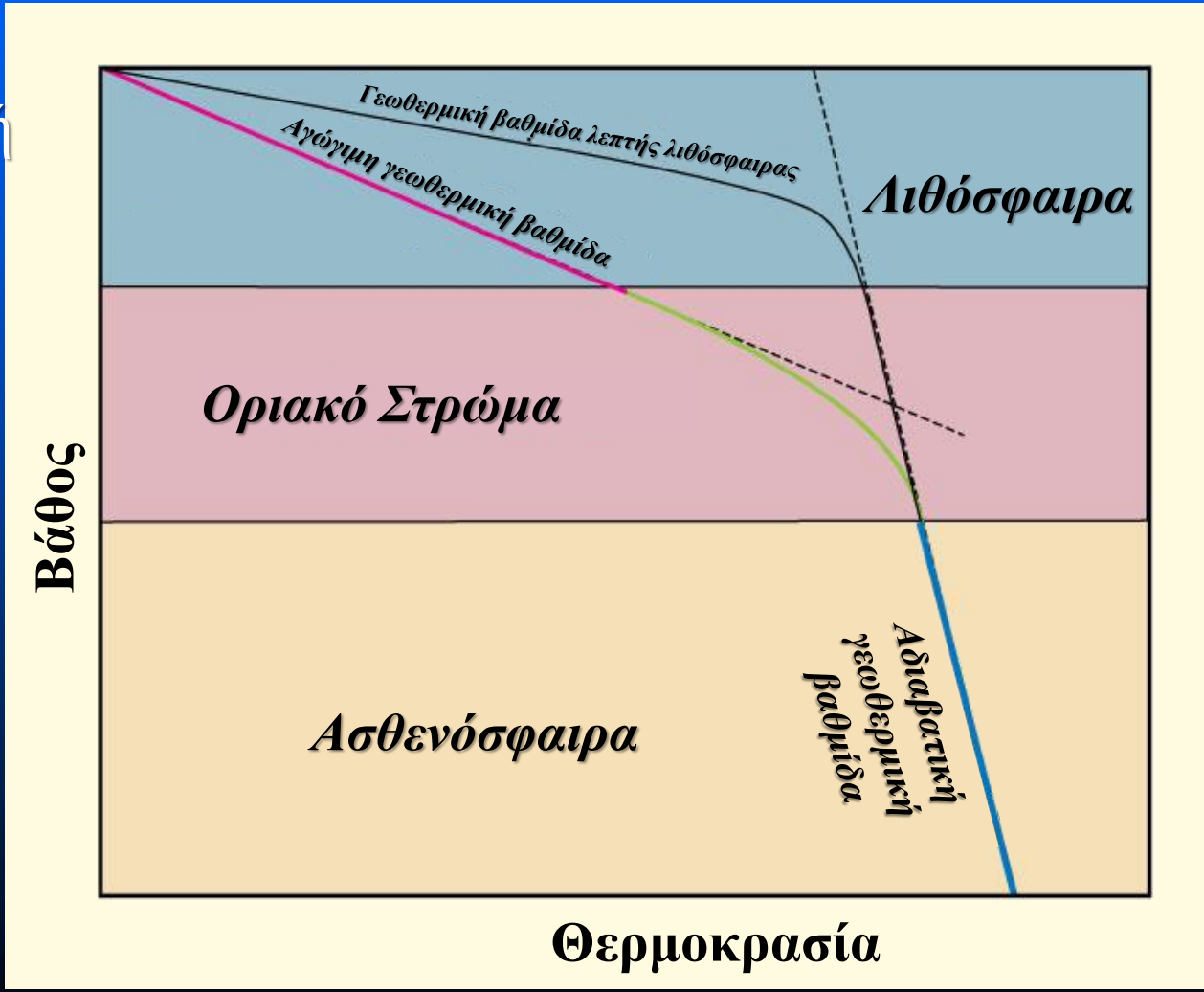
Γεωθερμική Βαθμίδα

- Λεπτή λιθόσφαιρα:
- Το οριακό στρώμα είναι η ζώνη στην οποία πραγματοποιείται μετάβαση στις ρεολογικές ιδιότητες και στον τρόπο μετάδοσης της θερμότητας (Το πάχος στην εικόνα είναι διογκωμένο για εποπτικούς λόγους. Το πραγματικό πάχος του είναι λιγότερο από το μισό του πάχους της λιθόσφαιρας)



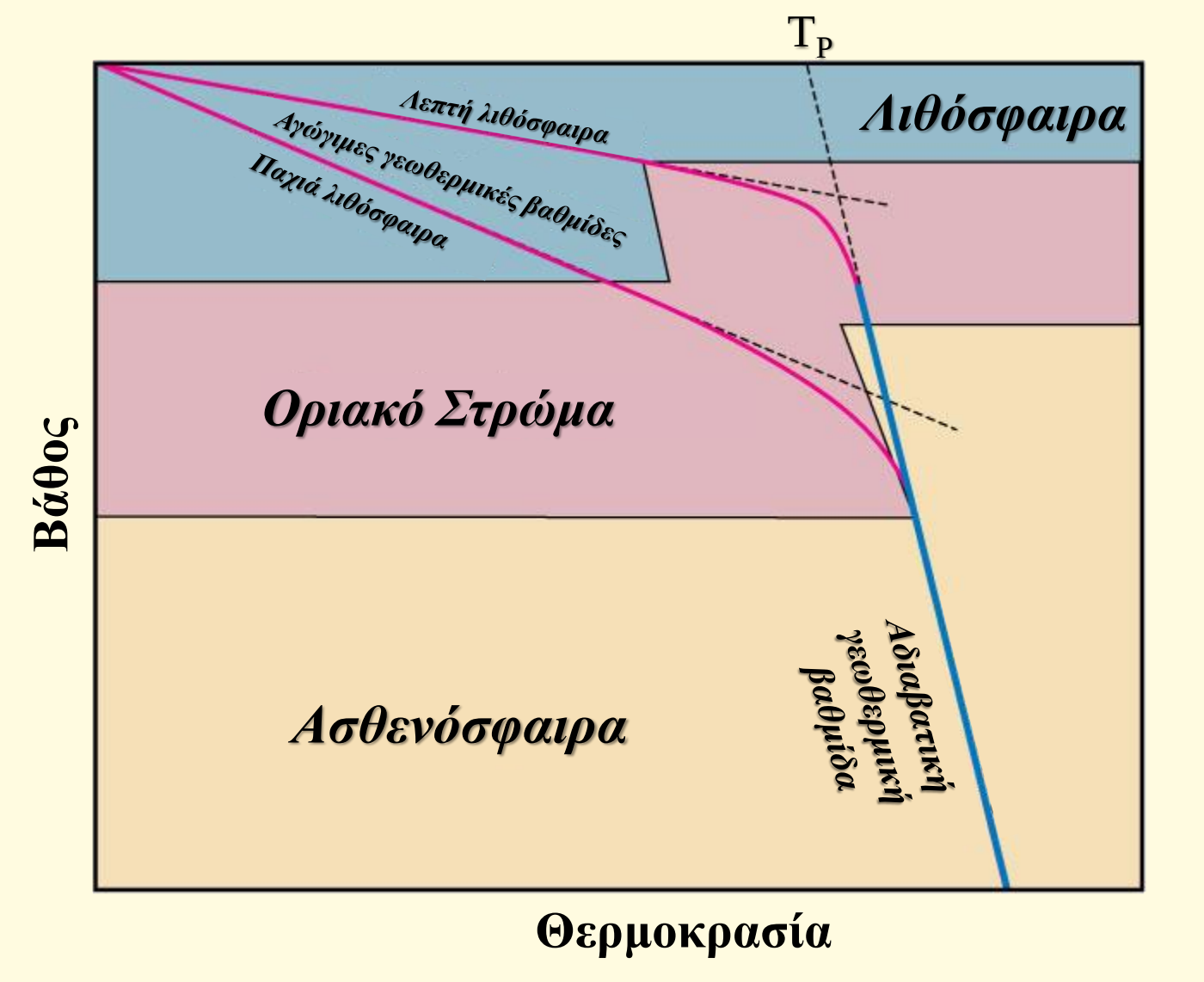
Γεωθερμική Βαθμίδα

- Παχιά λιθόσφαιρα:
- Τι προκύπτει από τη σύγκριση με τη λεπτή λιθόσφαιρα;
- Ποιο διάγραμμα αντιστοιχεί σε ηπειρωτική και ποιο σε ωκεάνια λιθόσφαιρα;



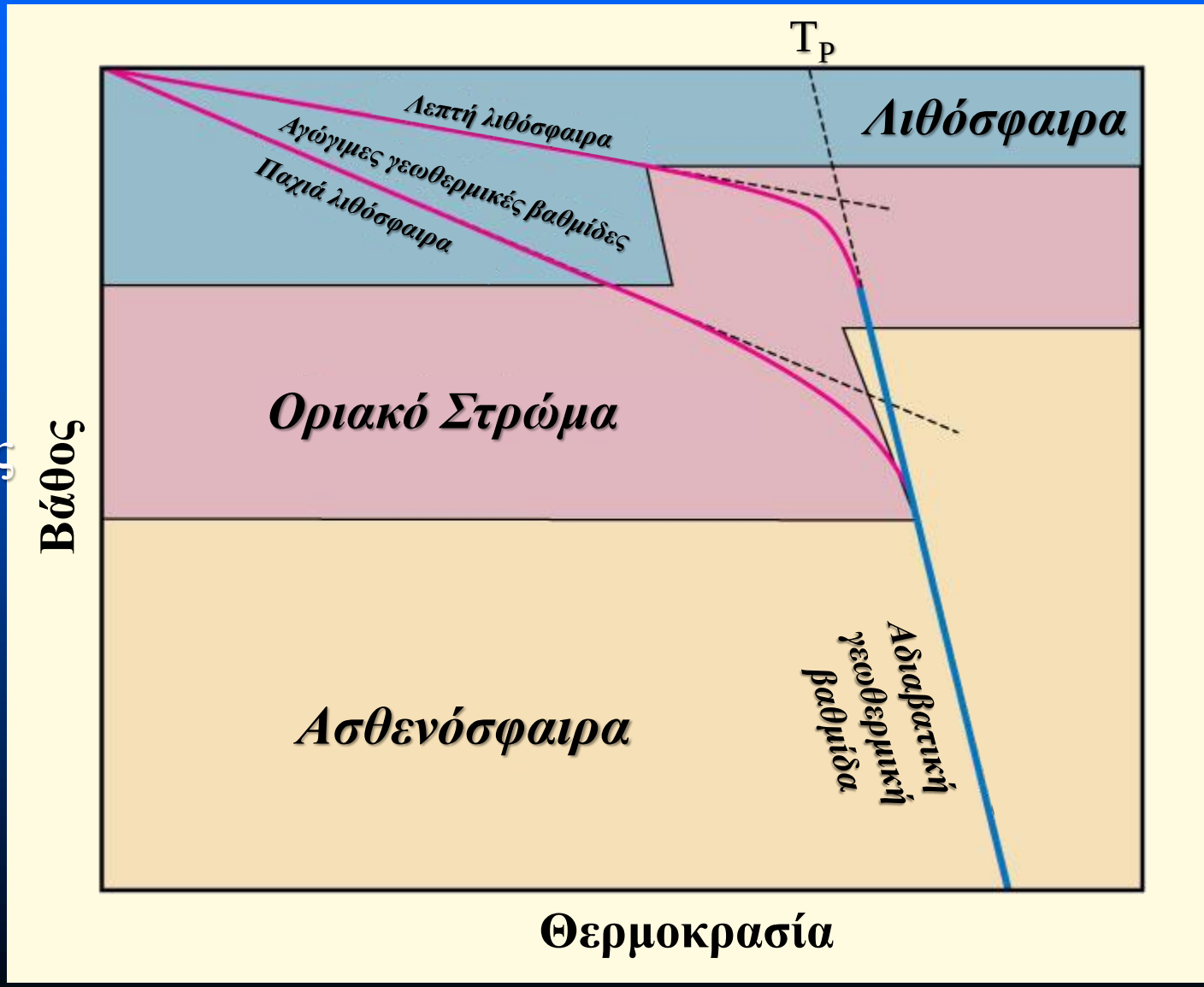
Γεωθερμική Βαθμίδα

- Σύγκριση:
- Η λεπτότερη λιθόσφαιρα επιτρέπει τη μεταγωγή θερμότητας μέχρι μικρότερα βάθη, με αποτέλεσμα την ύπαρξη μεγαλύτερης γεωθερμικής βαθμίδας



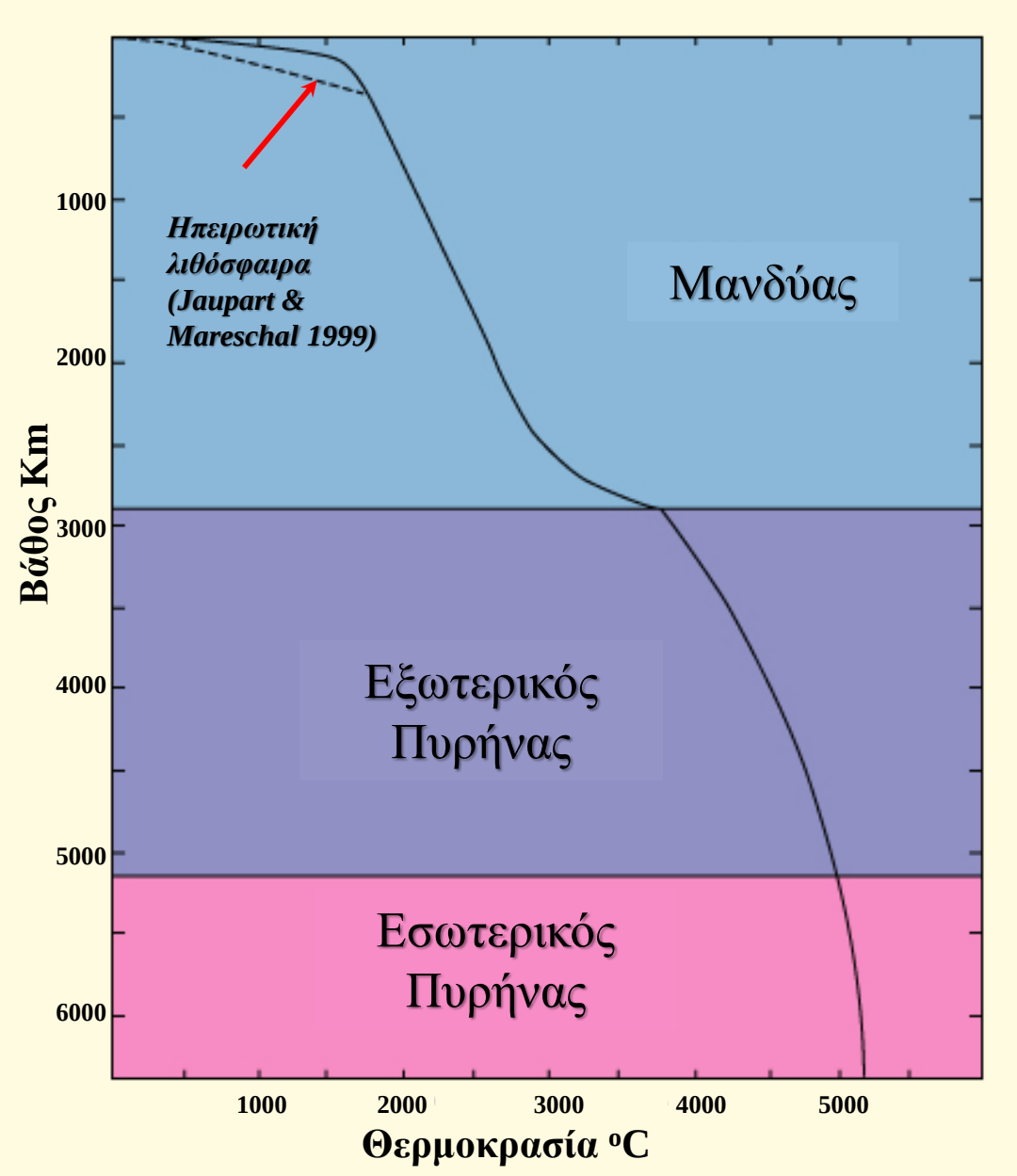
Γεωθερμική Βαθμίδα

- T_P:
- Η δυνητική θερμοκρασία. Υπολογίζεται με προεκβολή της αδιαβατικής γεωθερμικής βαθμίδας. Ο υπολογισμός της επιτρέπει σύγκριση μεταξύ περιοχών.

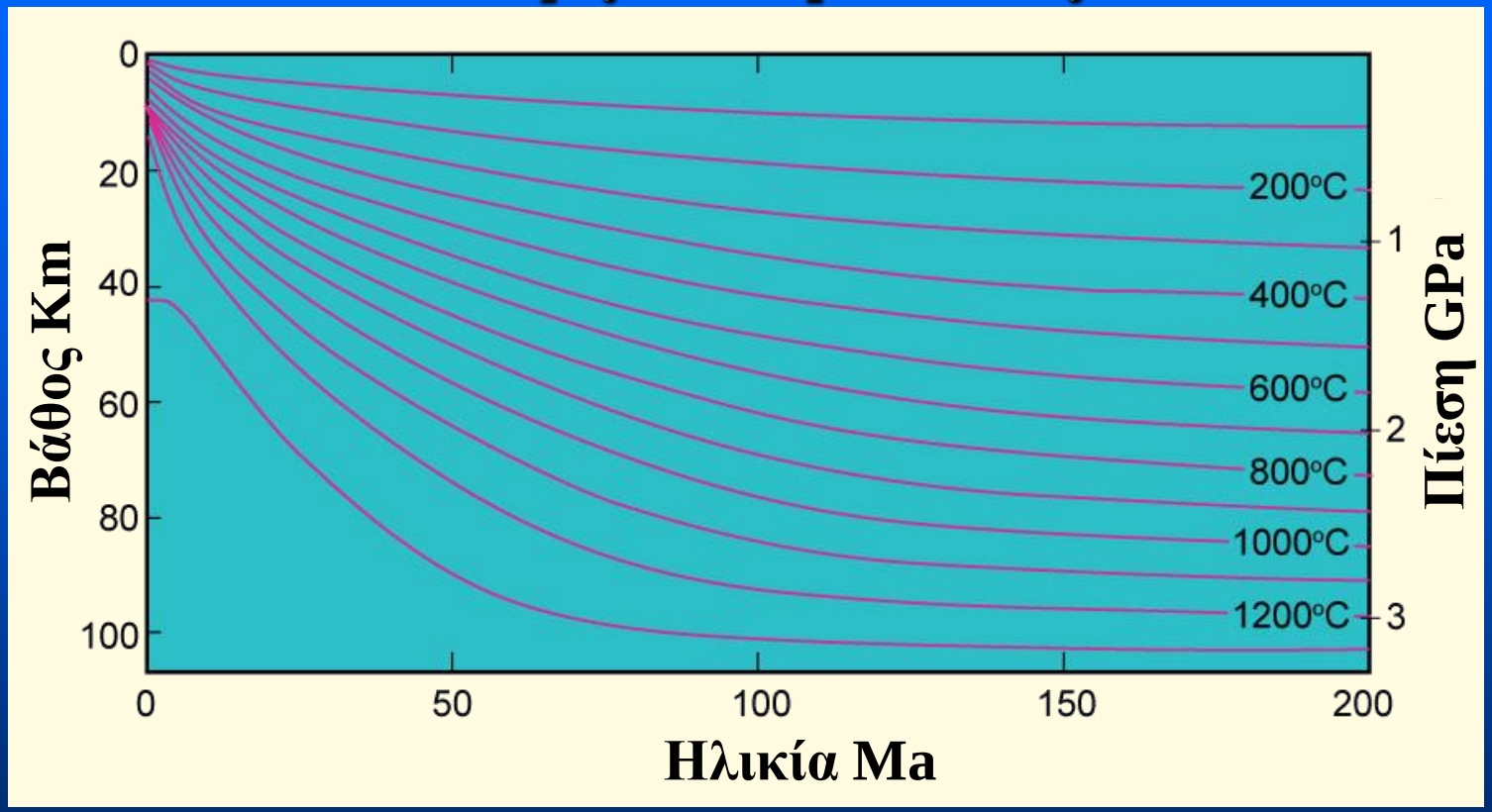


Γεωθερμική Βαθμίδα

- Υπολογισμός της γεωθερμικής βαθμίδας έως το κέντρο της Γης (Stacey 1992)

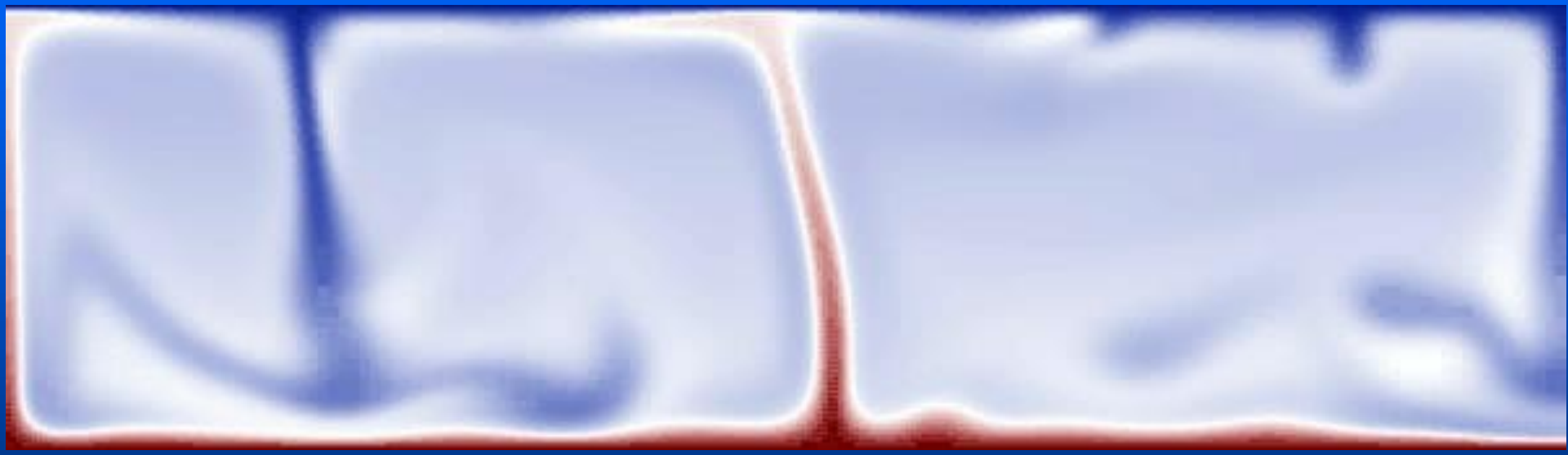


Γεωθερμική Βαθμίδα



- Ισόθερμες καμπύλες μιας ωκεάνιας πλάκας που δημιουργείται στην περιοχή μιας μεσωκεάνιας ράχης, η οποία παχύνεται όσο ψύχεται. Το όριο των ~1300°C θεωρείται η βάση της ωκεάνιας λιθόσφαιρας (McKenzie *et al*. 2005)

Ο Μανδύας της Γης: Η Θερμική Μηχανή του Πλανήτη μας



Μεταφορά Θερμότητας

- Ακτινοβολία
- Αγωγή
- Μεταγωγή

Μεταφορά Εσωτερικής Θερμότητας

ΓΗ:

Θερμή στο εσωτερικό της – Ψυχρή εξωτερικά λόγω μεταφοράς θερμότητας και διαφυγής της στο διάστημα:

- **Με ακτινοβολία:** Ασήμαντη για τη Γη καθόσον απαιτείται διαφανές υλικό (τα πετρώματα σε μεγάλο βάθος ενδεχομένως φέρονται ως διαφανή υλικά)

Μεταφορά Εσωτερικής Θερμότητας

ΓΗ:

Θερμή στο εσωτερικό της – Ψυχρή εξωτερικά λόγω μεταφοράς θερμότητας και διαφυγής της στο διάστημα:

- **Με αγωγή:** Μεταφορά θερμότητας από σημείο σε σημείο χωρίς μετακίνηση υλικού (επίσης ασήμαντη και με αργούς ρυθμούς για τη Γη καθόσον τα πετρώματα είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας)

Μεταφορά Εσωτερικής Θερμότητας

ΓΗ:

Θερμή στο εσωτερικό της – Ψυχρή εξωτερικά λόγω μεταφοράς θερμότητας και διαφυγής της στο διάστημα:

- **Με μεταγωγή:**
- Μεταφορά θερμότητας με ταυτόχρονη μετακίνηση θερμού υλικού από βαθύτερα σημεία προς πιο επιφανειακά (απαιτείται πλαστικότητα).

Μεταφορά Εσωτερικής Θερμότητας

ΓΗ:

Θερμή στο εσωτερικό της – Ψυχρή εξωτερικά λόγω μεταφοράς θερμότητας και διαφυγής της στο διάστημα:

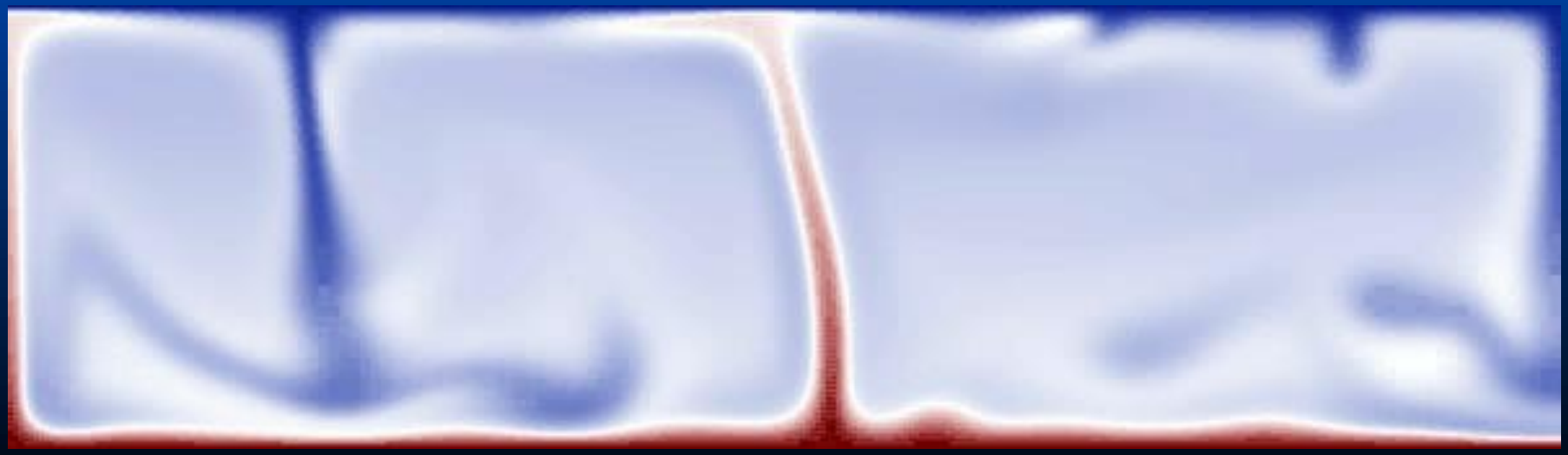
- **Με μεταγωγή:**
- Το υλικό που ψύχεται στη συνέχεια βυθίζεται, αναθερμαίνεται και επαναλαμβάνει τον κύκλο. Είναι η πιο αποτελεσματική διαδικασία σε σύγκριση με τις άλλες δυο.

ΡΕΥΜΑΤΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Η θεμελιώδης πηγή ενέργειας είναι η εσωτερική θερμότητα της Γης, που οφείλεται:
  - στην εναπομένουσα θερμότητα από τη επισώρευση της Γης και την πτώση μετεωριτών κατά τα στάδια του σχηματισμού της
  - στις ραδιενεργές διασπάσεις ραδιενεργών υλικών στο εσωτερικό της
  - στο σχηματισμό του φλοιού
  - στις παλιρροϊκές τριβές

Μηχανισμοί ψύξης για έναν θερμό (και πανέμορφο) Πλανήτη

- Πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι σε ρευστά με χαμηλό ιξώδες δημιουργούνται κατερχόμενες κρύες τολύπες από την ψύξη τους στο ανώτερο τμήμα

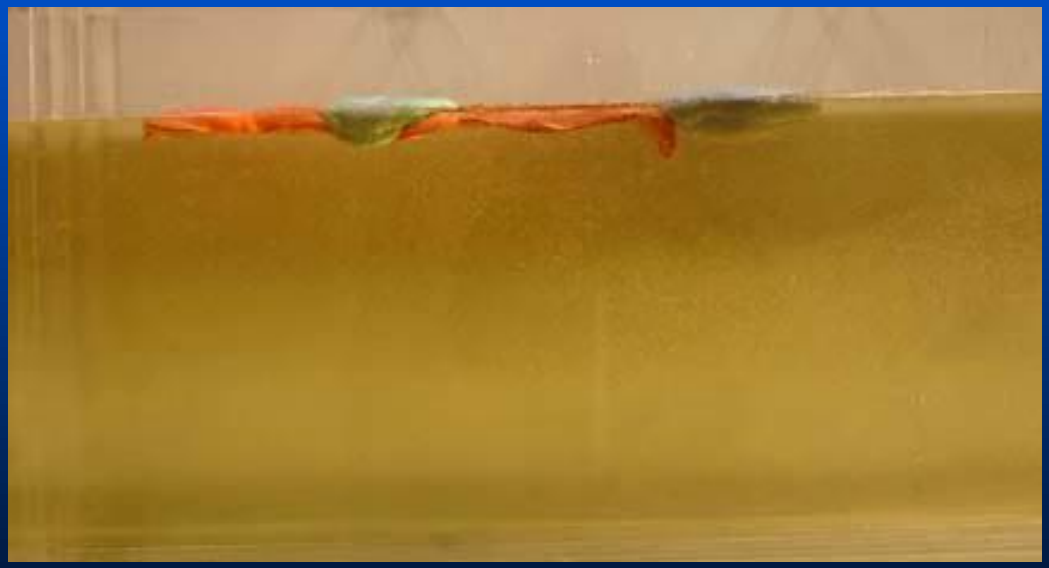


Μηχανισμοί ψύξης για έναν θερμό (και πανέμορφο) Πλανήτη

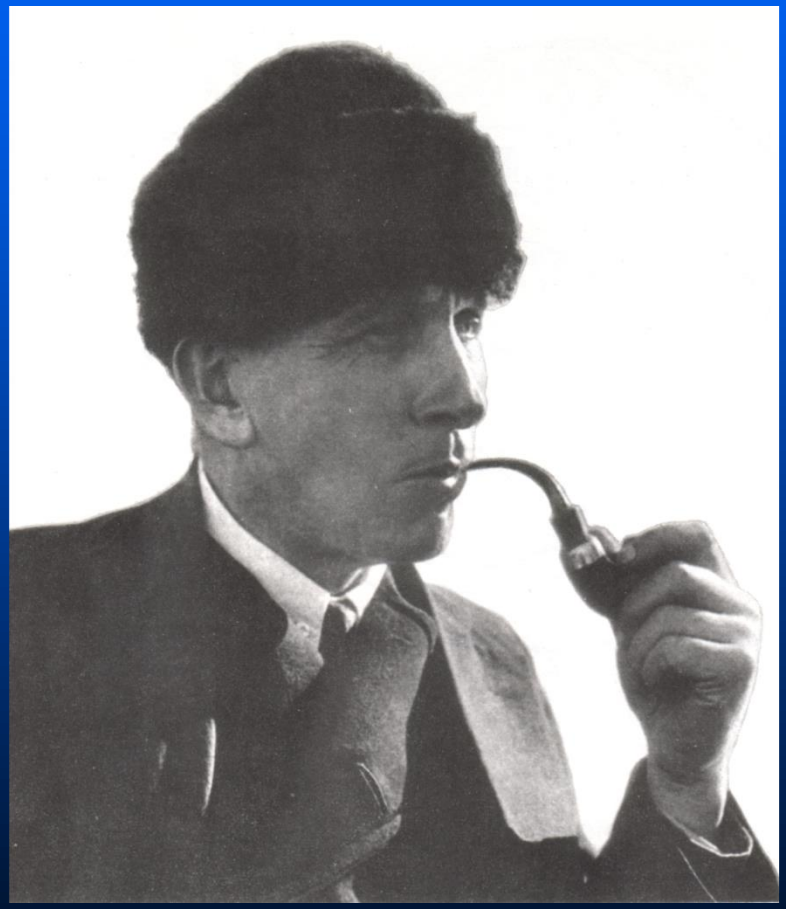
- ΌΜΩΣ ο ανώτερος μανδύας είναι πολύ ιξώδης για ένα τέτοιο φαινόμενο…
- Άρα;

Μηχανισμοί ψύξης για έναν θερμό (και πανέμορφο) Πλανήτη

- Υποβύθιση (των ψυχρών) λιθοσφαιρικών πλακών…

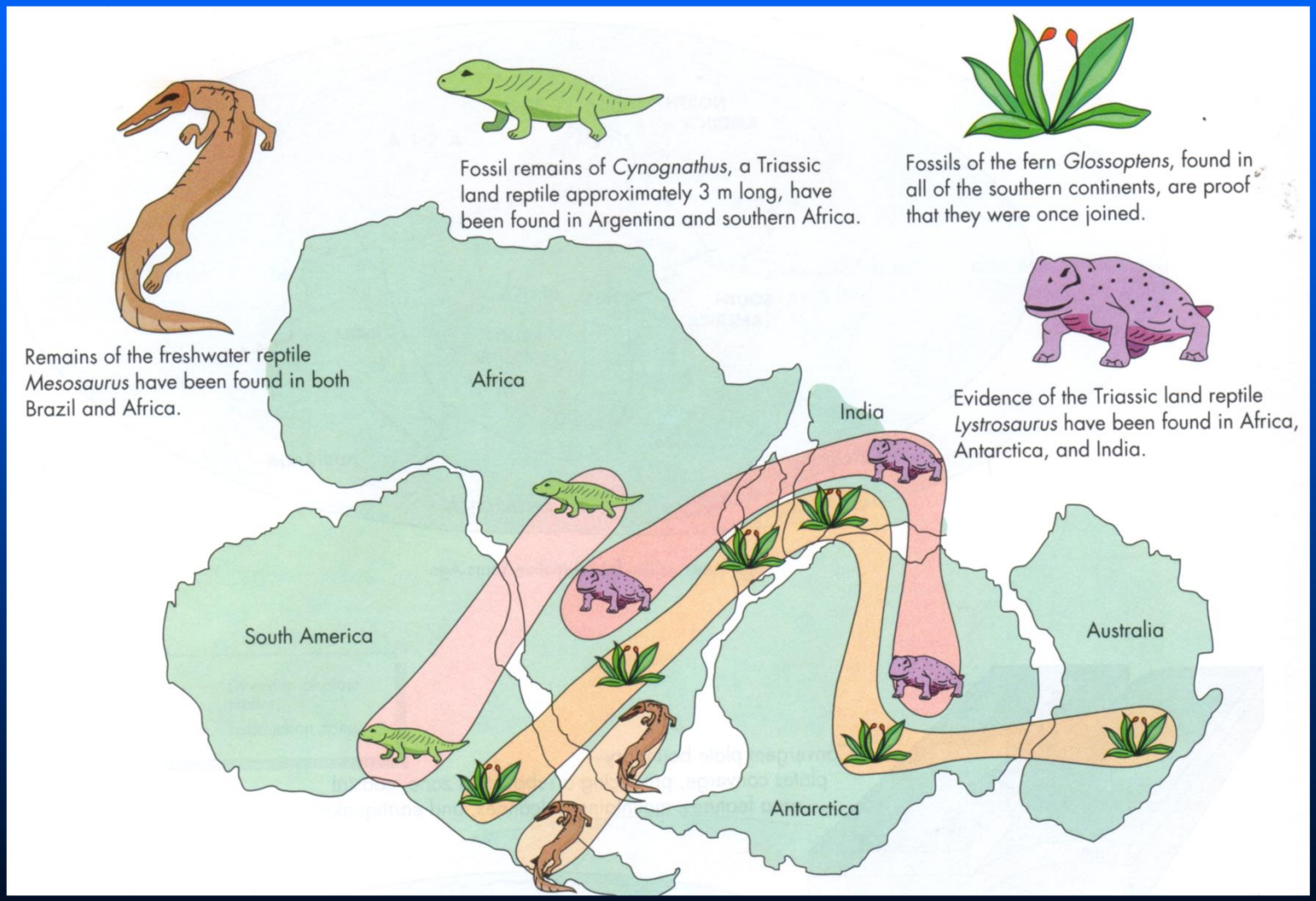


Η Ιδέα!

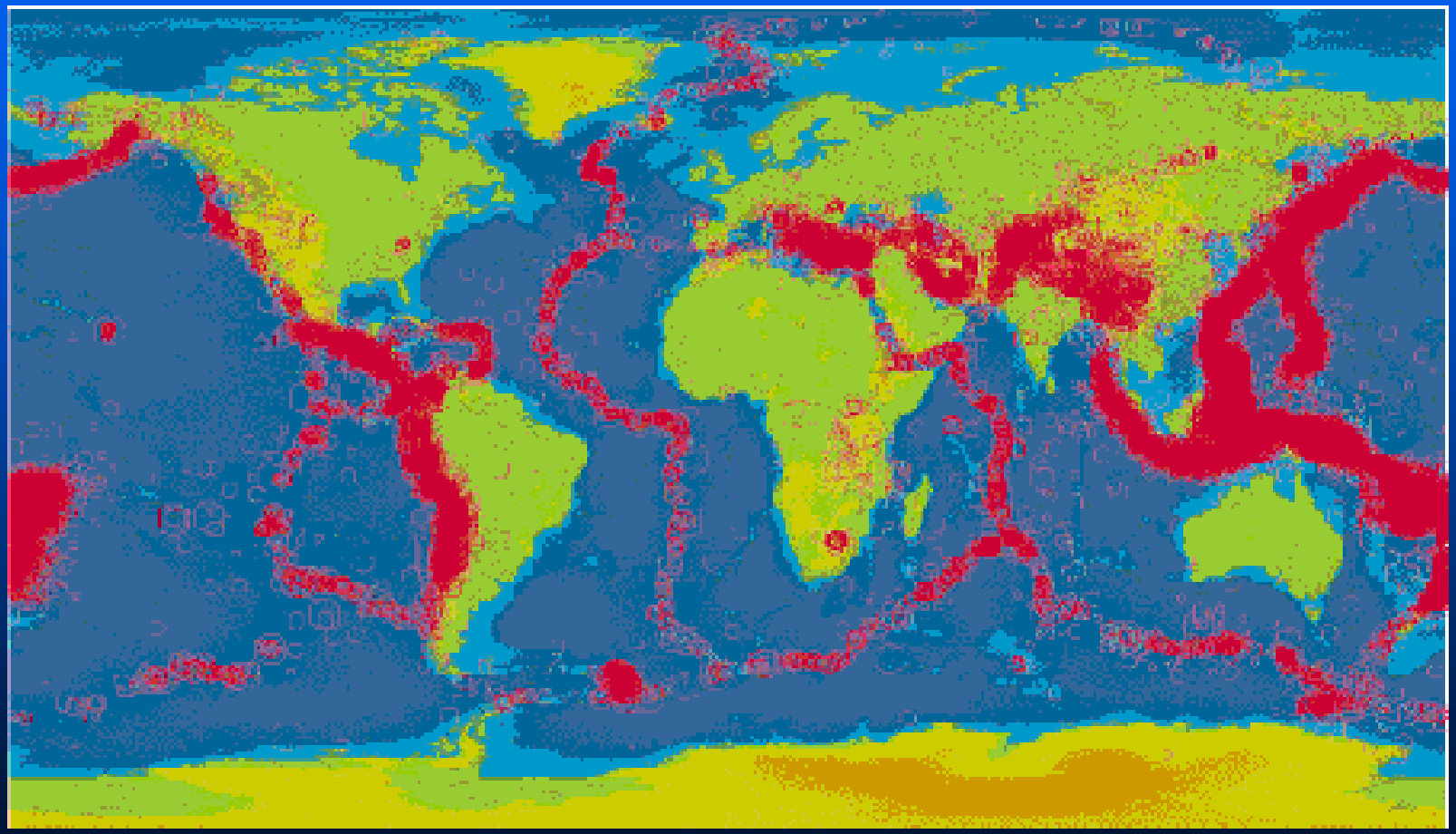


- Alfred Wegener (1880-1930)
- *The Origin of Continents and Oceans* (1915)

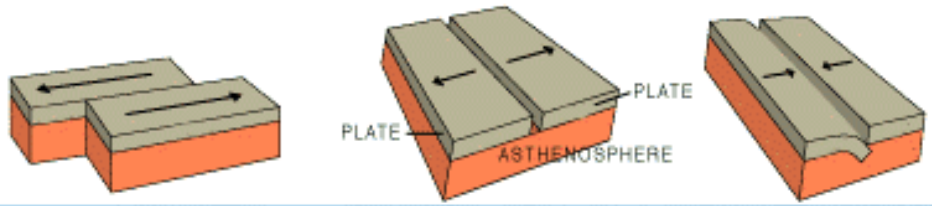
Η Ιδέα!

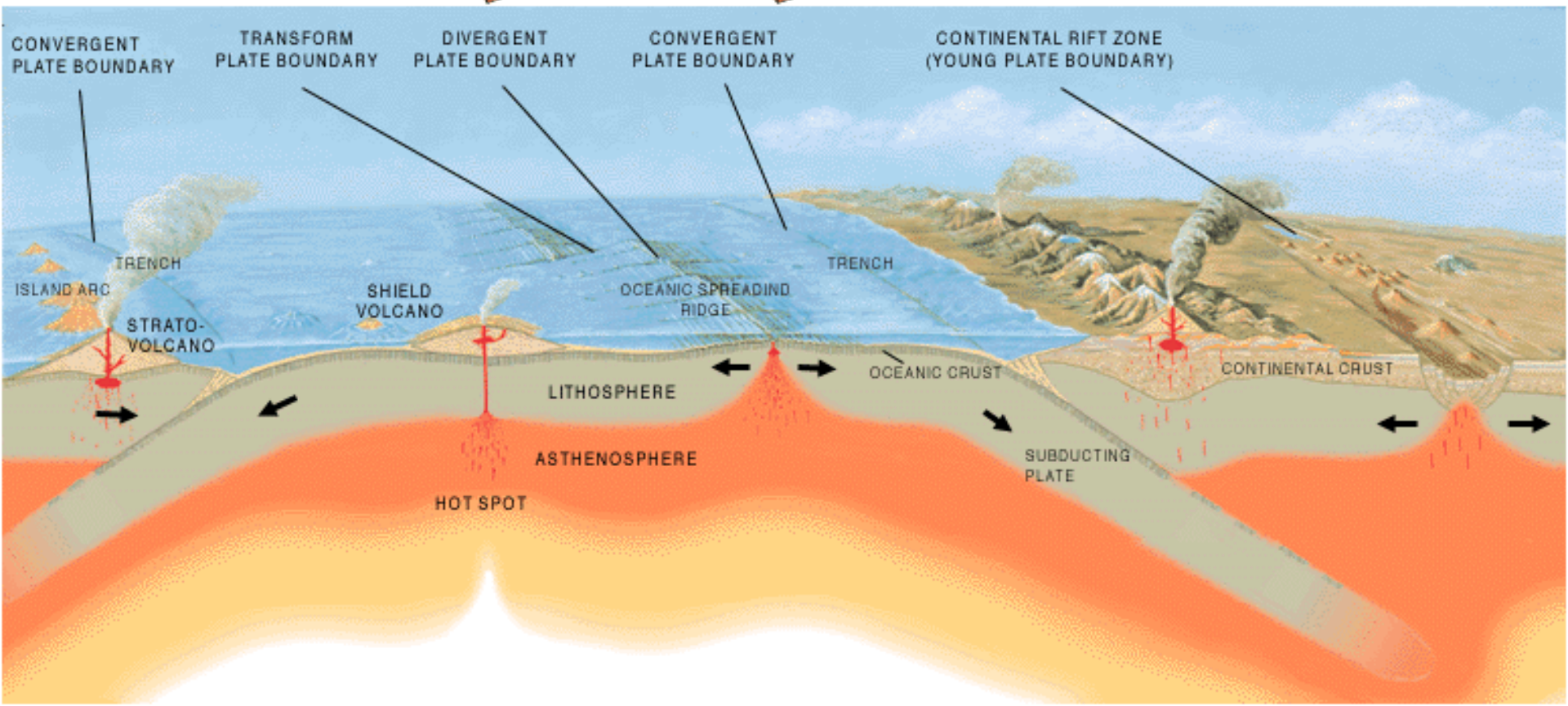

Fossil remains of *Cynognathus*, a Triassic land reptile approximately 3 m long, have been found in Argentina and southern Africa.
Fossils of the fern *Glossoptens*, found in all of the southern continents, are proof that they were once joined.
Remains of the freshwater reptile *Mesosaurus* have been found in both Brazil and Africa.
Evidence of the Triassic land reptile *Lystrosaurus* have been found in Africa, Antarctica, and India.
Africa
India
South America
Australia
Antarctica

Παγκόσμιος χάρτης Επικέντρων



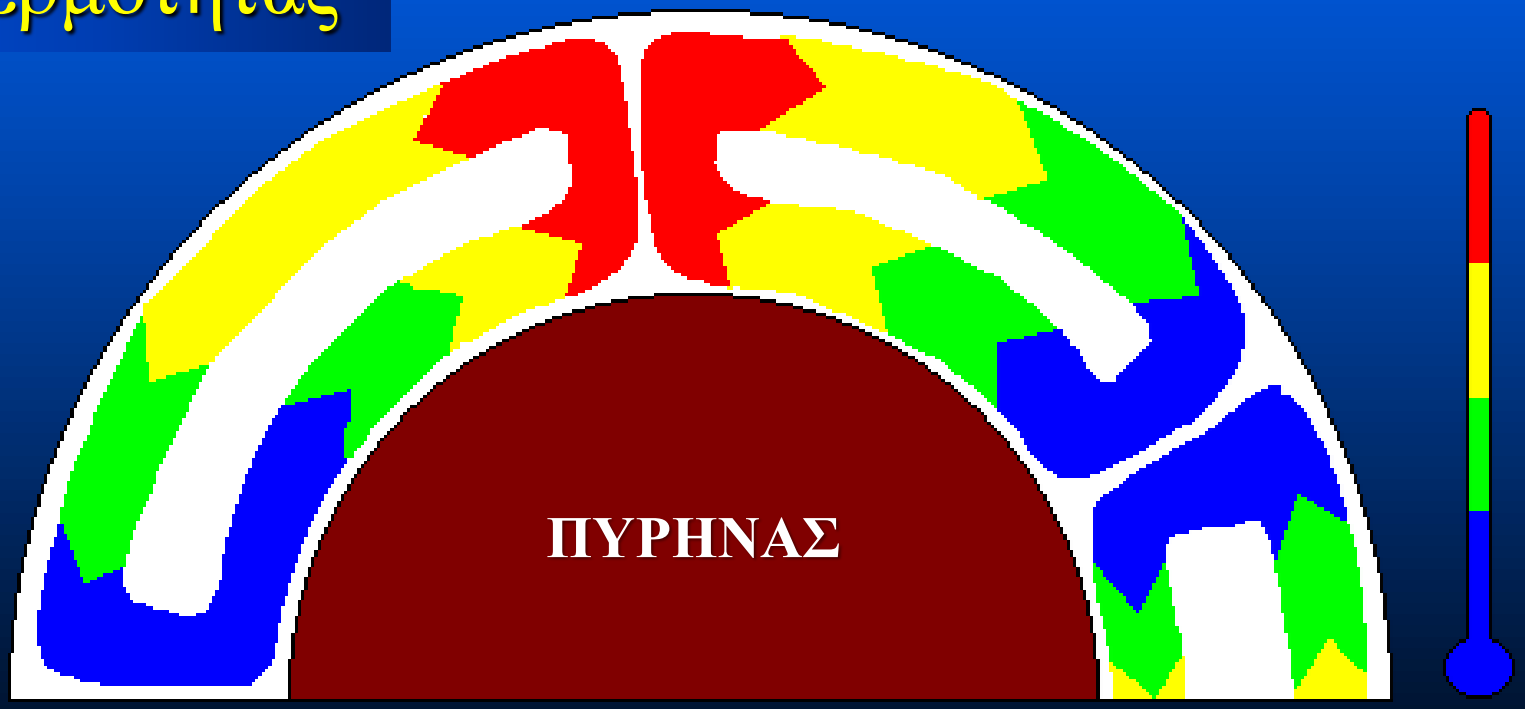
Κινήσεις των Λιθοσφαιρικών Πλακών





Τι προκαλεί την κίνηση αυτή;

- Ρεύματα Μεταγωγής Θερμότητας

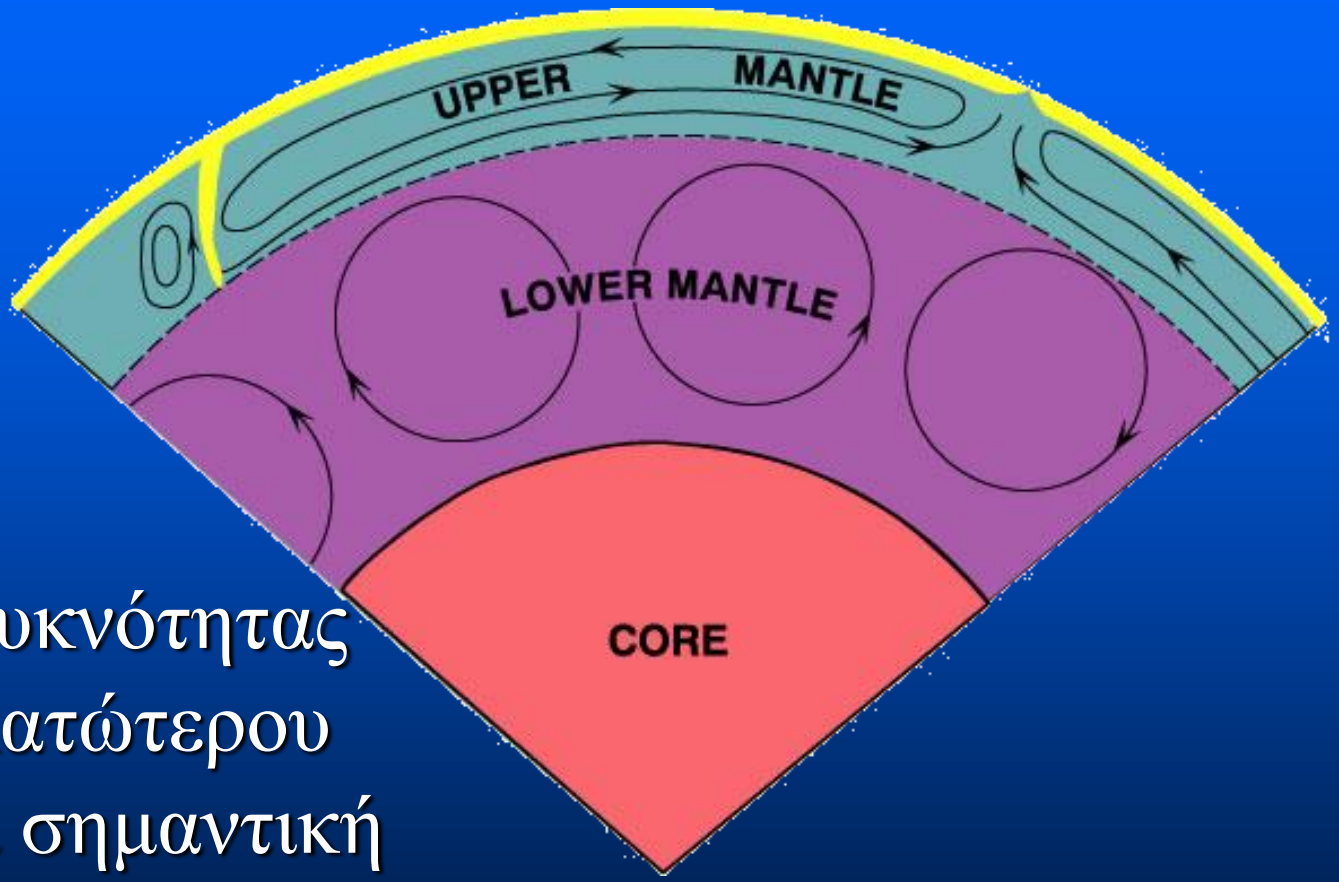


Δύο Θεωρίες

- Η κίνηση των πλακών συνδέεται με τη μεταγωγή θερμότητας
- Δεν είναι απόλυτα γνωστή η ακριβής διαδικασία

1. Οι πλάκες παρασύρονται από τα θερμικά ρεύματα στο μανδύα.
2. Οι πλάκες αποτελούν ουσιαστικά το στερεοποιημένο ανώτερο τμήμα των θερμικών ρευμάτων μεταγωγής.

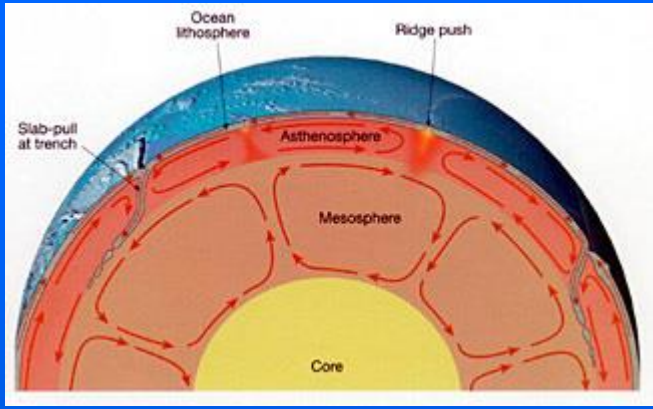
Τι προκαλεί την κίνηση αυτή;

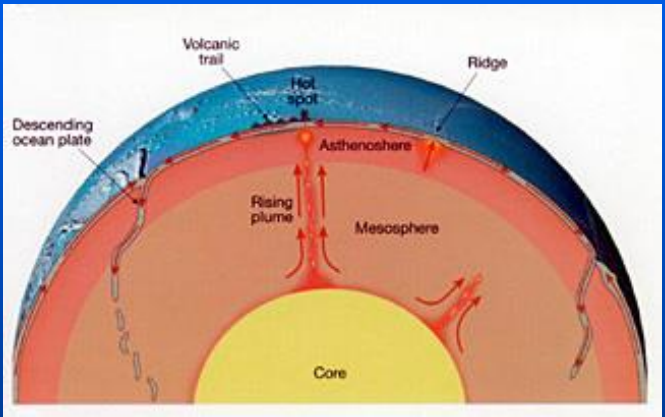


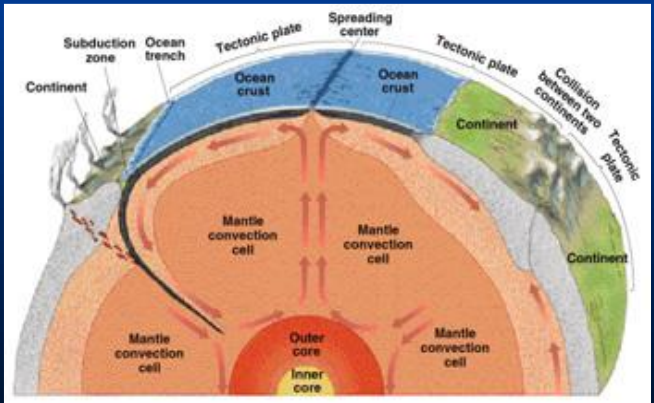
- Η διαφορά πυκνότητας Ανώτερου-Κατώτερου μανδύα είναι σημαντική ώστε να ανακυκλώνονται ανεξάρτητα

Τύποι Μανδυακής Θερμικής Μεταγωγής

- **<u>Μεσωκεάνιες Ράχες</u>:** Άνοδος
  - Τα επιφανειακά τμήματα (200 Km) της ράχης είναι παθητικά
- **<u>Τολύπες (Plumes)</u>:** Άνοδος
  - Υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι οι υπερτολύπες του Ειρηνικού και της Αφρικής εκτείνονται μέχρι το όριο Μανδύα-Πυρήνα
- **<u>Υποβύθιση</u>:** Κατάδυση







Ταξινόμηση των Μαγματικών Πετρωμάτων

Τύποι Ταξινομήσεων Μαγματικών Πετρωμάτων

- Με βάση τον ιστό τους
- Με βάση την πραγματική σύσταση (modal mineralogy)
- Με βάση τη δυνητική σύσταση (normative mineralogy)
- Με βάση τη χημική τους σύσταση
  - Συνδυασμοί κυρίων στοιχείων
  - Συνδυασμοί ιχνοστοιχείων
- Με βάση συνδυασμούς κατιόντων

Με βάση ιστολογικά κριτήρια

Πρωτογενείς Ιστοί:

Σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της κρυστάλλωσης (αλληλεπίδραση στερεού-υγρού)

Δευτερογενείς Ιστοί:

Σχηματίζονται από μεταμαγματικές διεργασίες (σε στερεά κατάσταση)

Πρωτογενείς Ιστοί

Σχηματισμός πυρήνων

Ανάπτυξη κρυστάλλων

Διάχυση

Πρωτογενείς Ιστοί

Σχηματισμός πυρήνων:

- Κρίσιμο βήμα για την έναρξη της κρυστάλλωσης.
- Πρωταρχικοί, μικροσκοπικοί κρύσταλλοι, με μεγάλη αναλογία επιφάνειας/όγκου και μεγάλο ποσοστό επιφανειακών ιόντων.
- Υψηλή επιφανειακή ενέργεια άρα μικρή σταθερότητα.
- Μια κρίσιμη ποσότητα εμβρυακών συσσωματωμάτων ή κρυσταλλικών πυρήνων απαιτείται πριν την κρυστάλλωση
- Απαιτεί σημαντική ψύξη ή υπερκορεσμό

Πρωτογενείς Ιστοί

Ανάπτυξη κρυστάλλων:

- Προσθήκη ιόντων στον κρυσταλλικό πυρήνα
- Δομικές ανωμαλίες μπορούν να υποβοηθήσουν στην ανάπτυξη σε συγκεκριμένες έδρες
- Προσμίξεις μπορούν να εμποδίσουν την ανάπτυξη
- Γενικά αναπτύσσονται οι έδρες με χαμηλή επιφανειακή ενέργεια

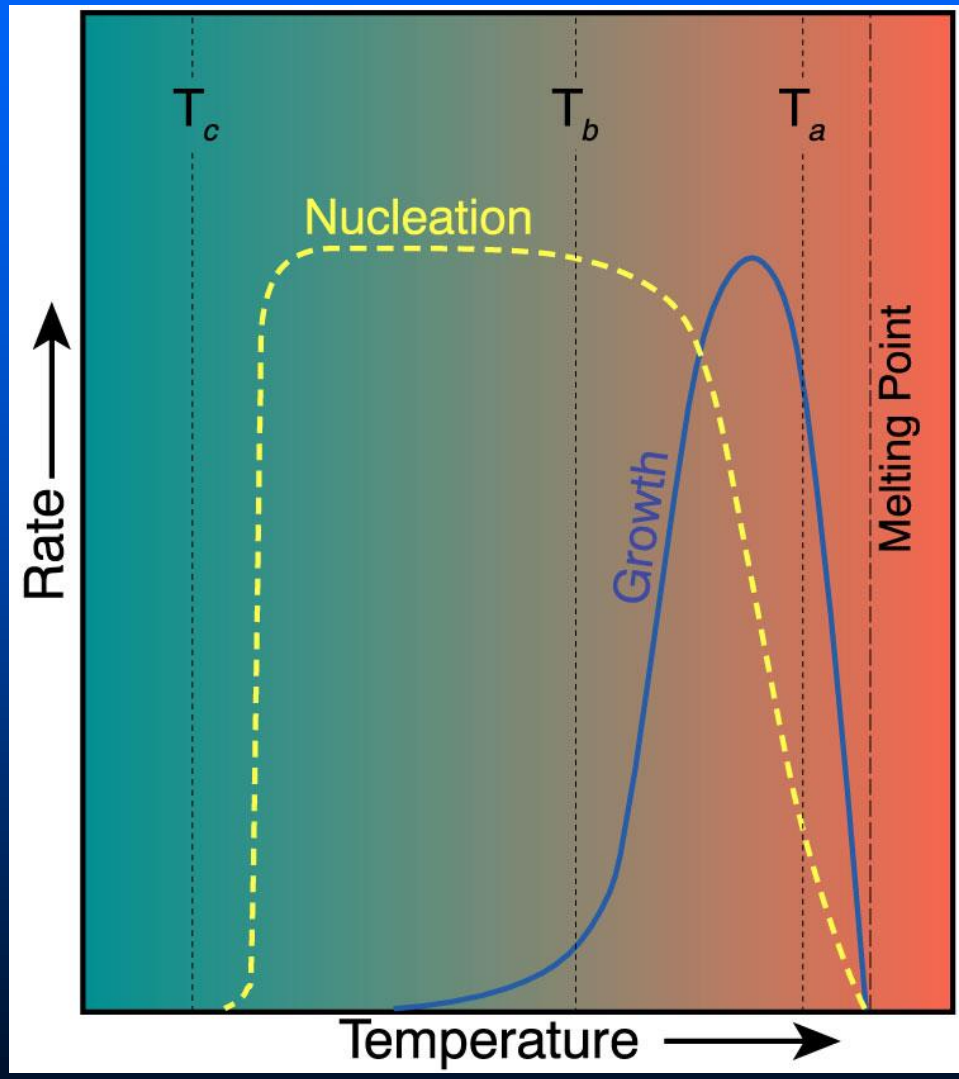
Πρωτογενείς Ιστοί

Διάχυση:

- Συνήθως η σύσταση του κρυστάλλου διαφέρει από αυτήν του τήγματος στο οποίο αναπτύσσεται
- Αρχικά δημιουργείται γύρω από τον κρύσταλλο μια ζώνη πτωχή στα συστατικά του ορυκτού που σχηματίζεται
- Έτσι παρατηρείται διάχυση των συστατικών αυτών από το υπόλοιπο τήγμα διαμέσου της αποπλυμένης αυτής ζώνης προς την επιφάνεια του κρυστάλλου

Πώς ο ρυθμός ψύξης επηρεάζει το μέγεθος των κρυστάλλων;

- Αργή ψύξη θα φέρει το σύστημα σε θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη από το σημείο τήξης (T_a)
- Αποτέλεσμα να σχηματιστούν λίγοι πυρήνες που θα αναπτύξουν μεγάλους κρυστάλλους
- Γρήγορη ψύξη θα φέρει το σύστημα σε πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία από το σημείο τήξης (T_b).
- Αποτέλεσμα ο σχηματισμός πολλών πυρήνων και μικρών κρυστάλλων
- T_c;



Με βάση ιστολογικά κριτήρια

Φανεριτικά: Κρύσταλλοι ορατοί με γυμνό μάτι

Πλουτώνια πετρώματα

- Λεπτοκρυσταλλικά < 1 mm διάμετρος
- Μεσοκρυσταλλικά =1-5 mm διάμετρος
- Αδροκρυσταλλικά =5-50 mm διάμετρος
- Πολύ αδροκρυσταλλικά > 50 mm διάμετρος

Αφανιτικά: Πολύ μικροί κρύσταλλοι για παρατήρηση με γυμνό μάτι

Ηφαιστειακά πετρώματα

Με βάση ιστολογικά κριτήρια

Πορφυριτικά: Δυο γενιές κρυστάλλων,
μεγάλοι: *φαινοκρύσταλλοι,*
μικροί: *κύρια (ή θεμελιώδης) μάζα*

Πυροκλαστικά: Αποτελούνται από θραύσματα μαγματικού υλικού

Πυροκλαστικά πετρώματα

Με βάση ιστολογικά κριτήρια

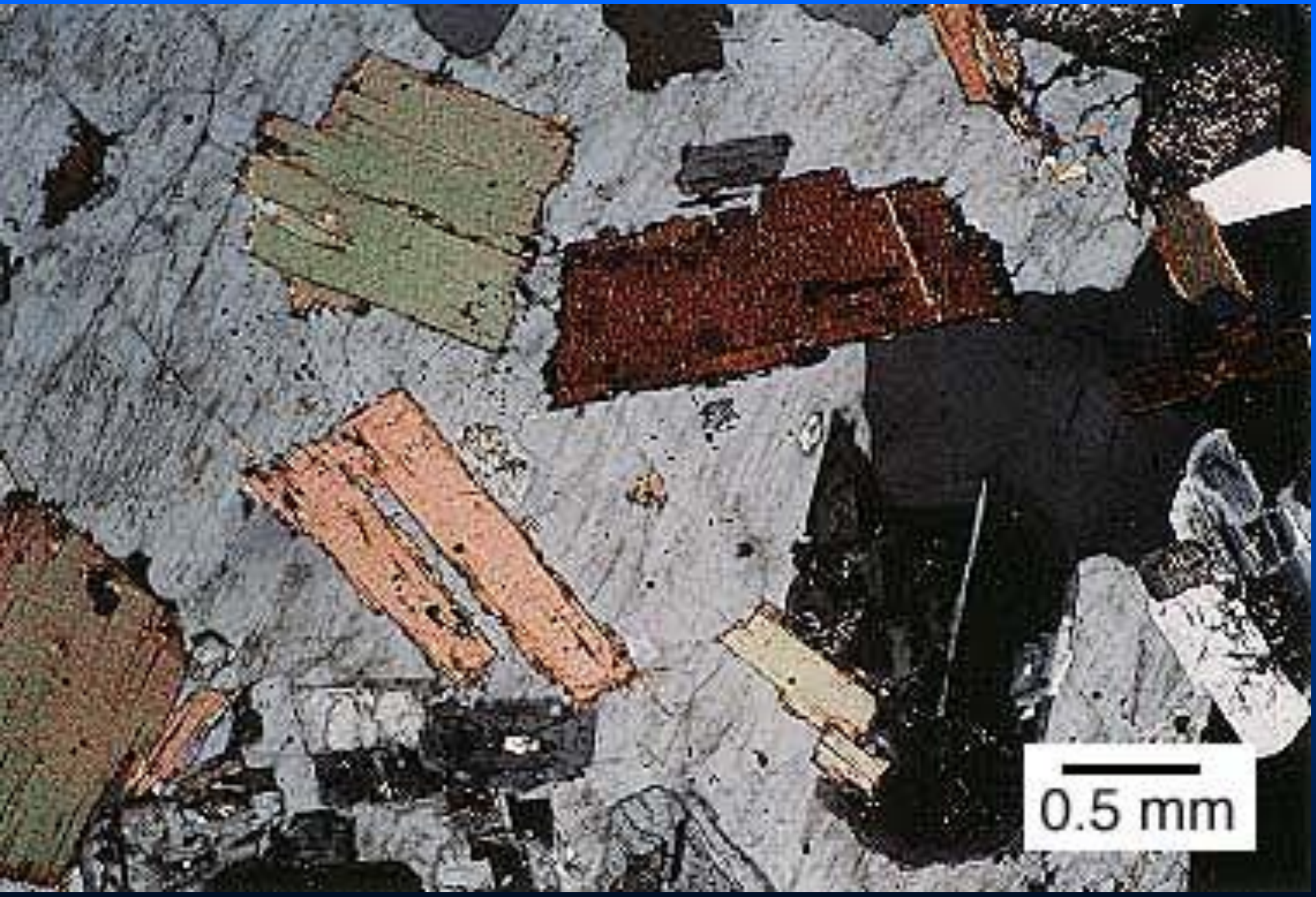
Υαλώδη: Μη κρυσταλλικά υλικά, πολύ γρήγορη ψύξη

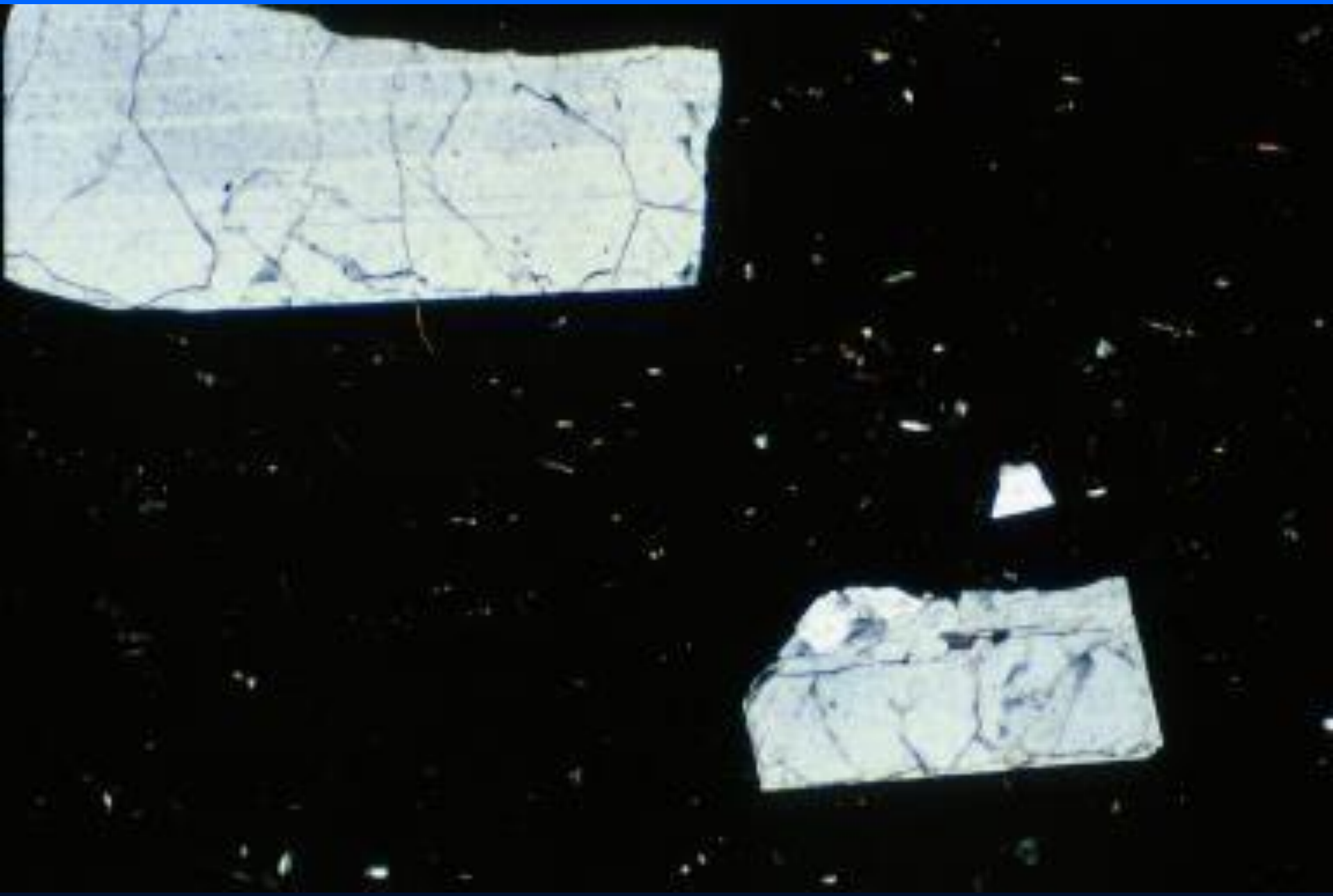
Ηφαιστειακά πετρώματα

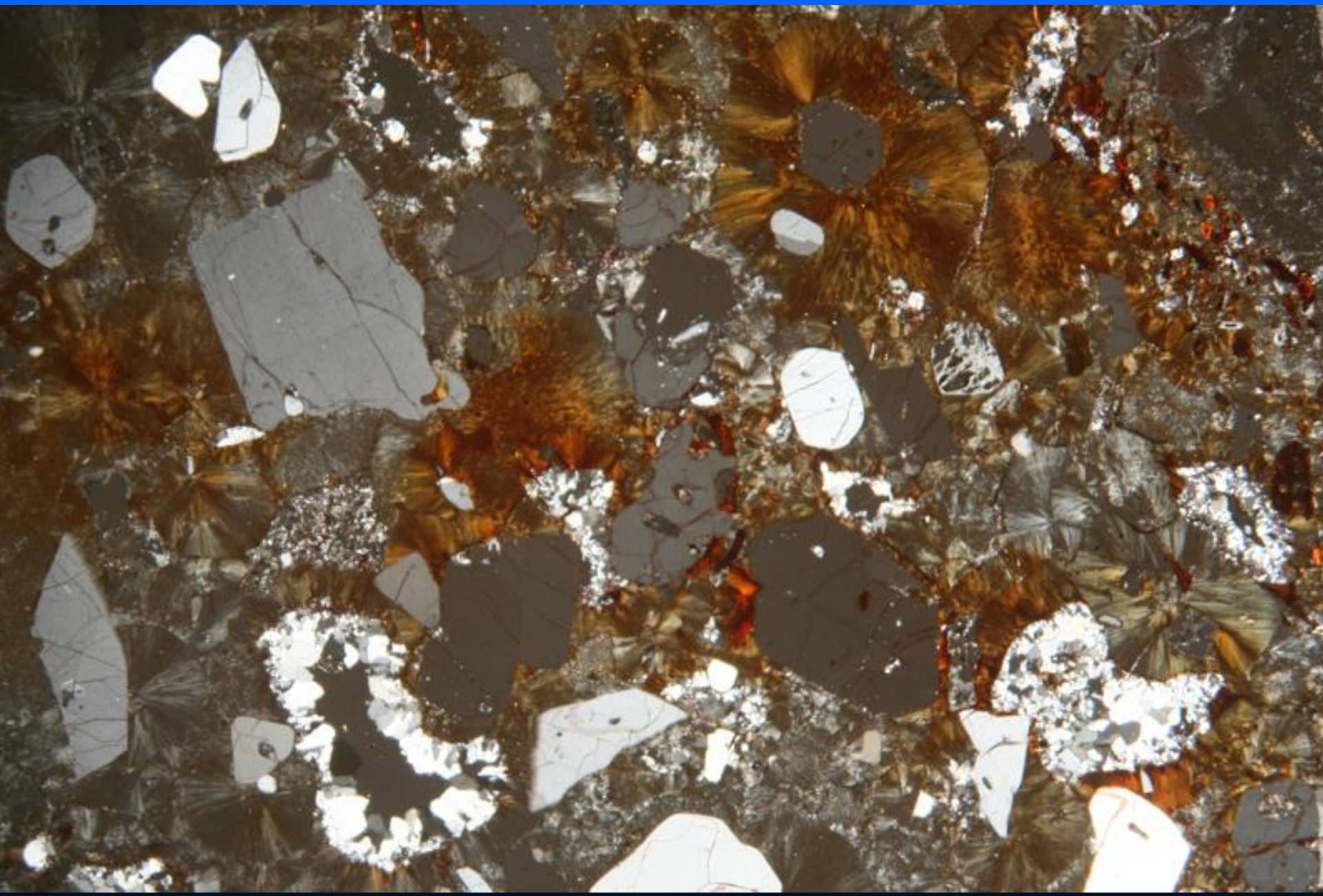
Πηγματιτικά: Πολύ μεγάλοι κρύσταλλοι (cm έως dm), πολύ αργή κρυστάλλωση, παρουσία ρευστών

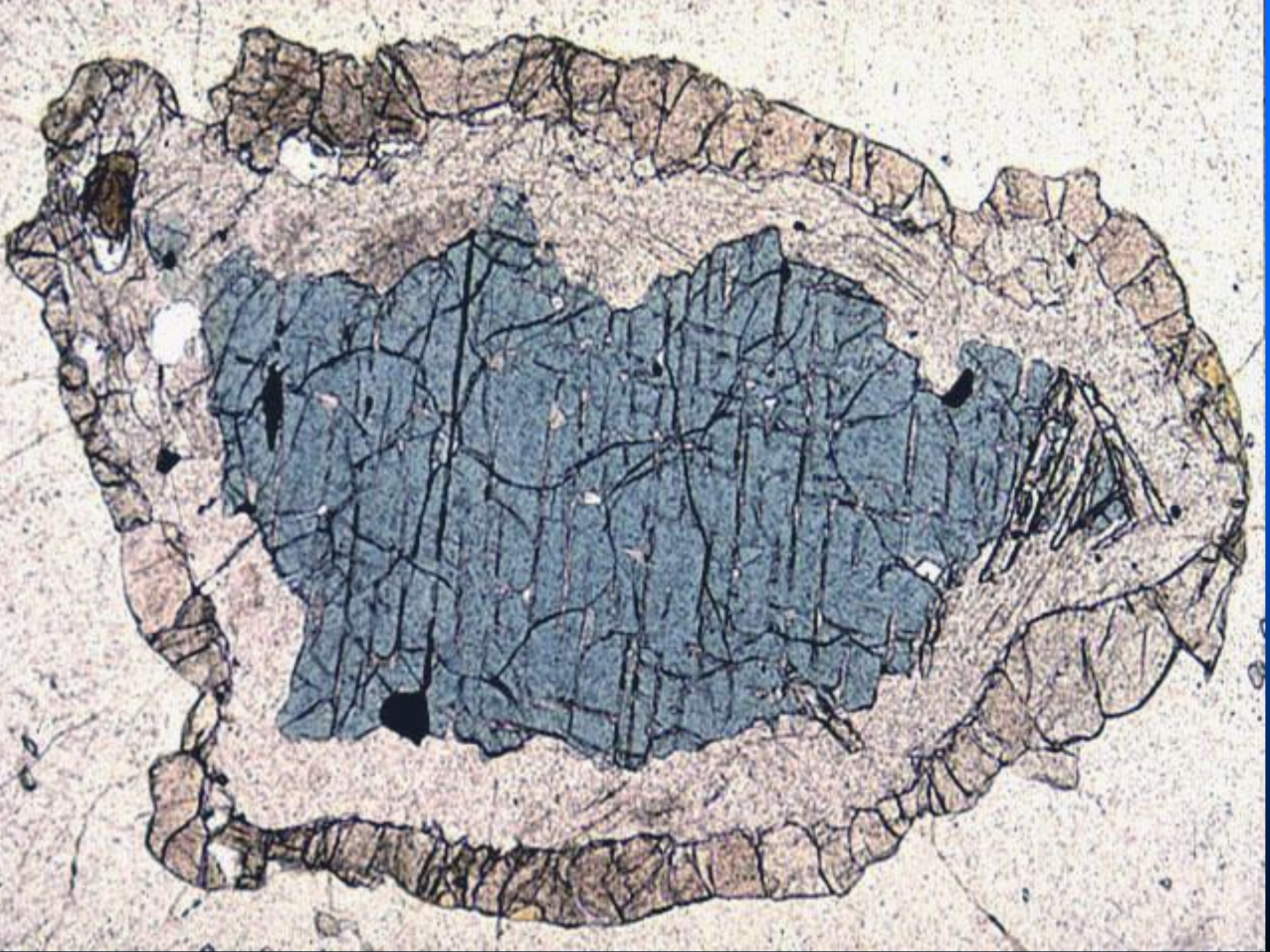
Φλέβες ή στρώματα σε πλουτώνια πετρώματα

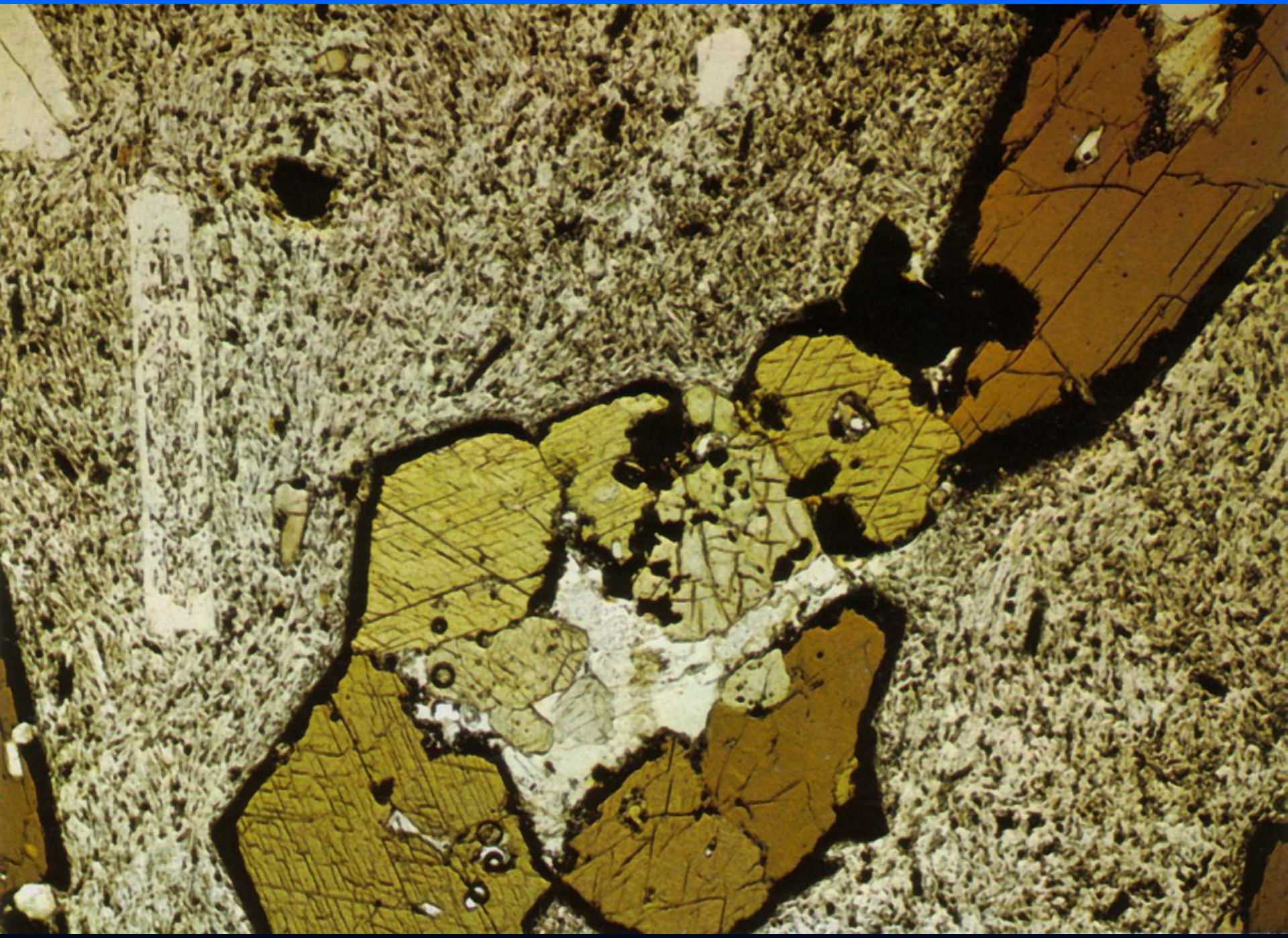
Ιστοί που έχουν να μας πουν μια ιστορία…

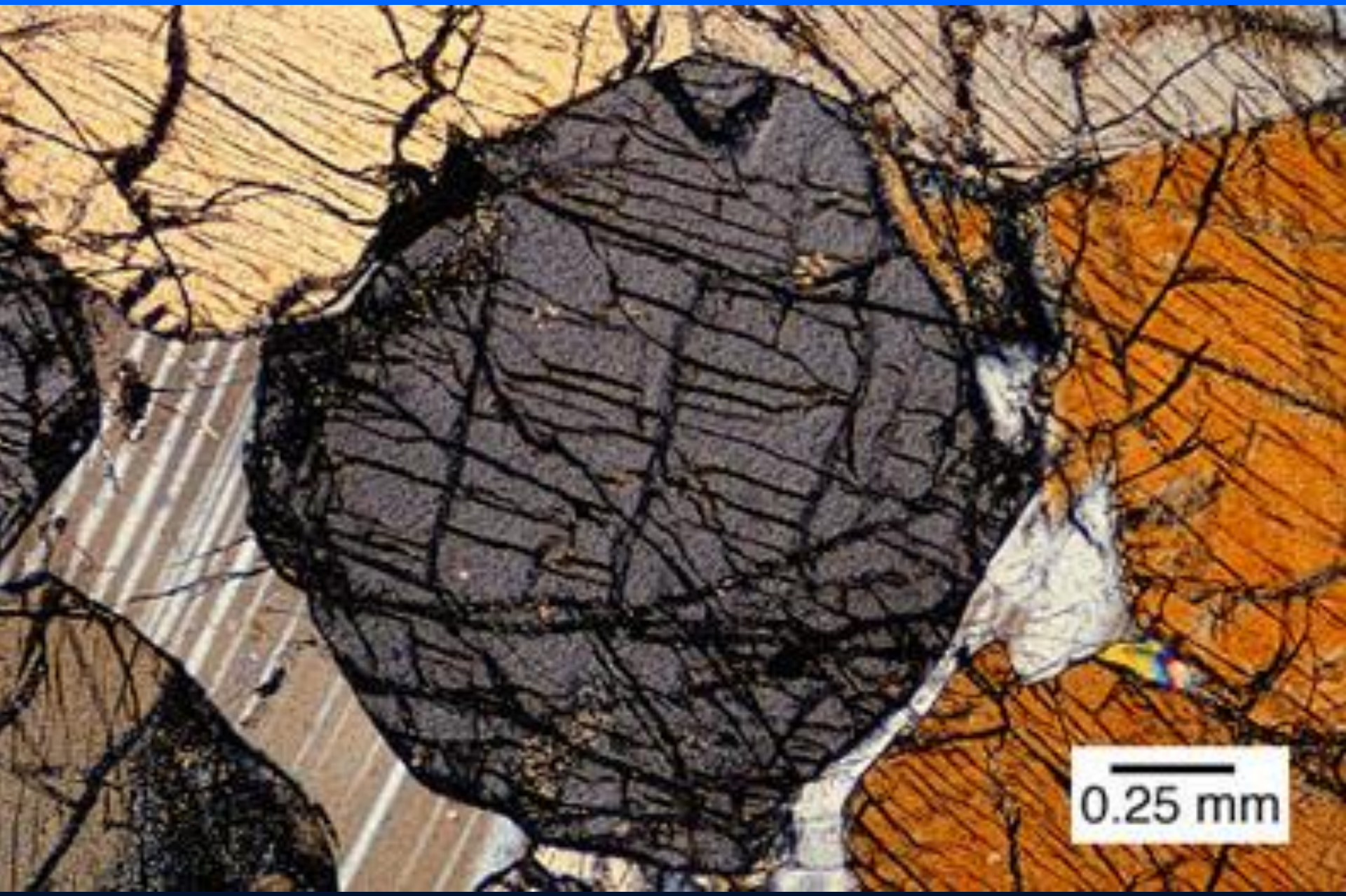

0.5 mm

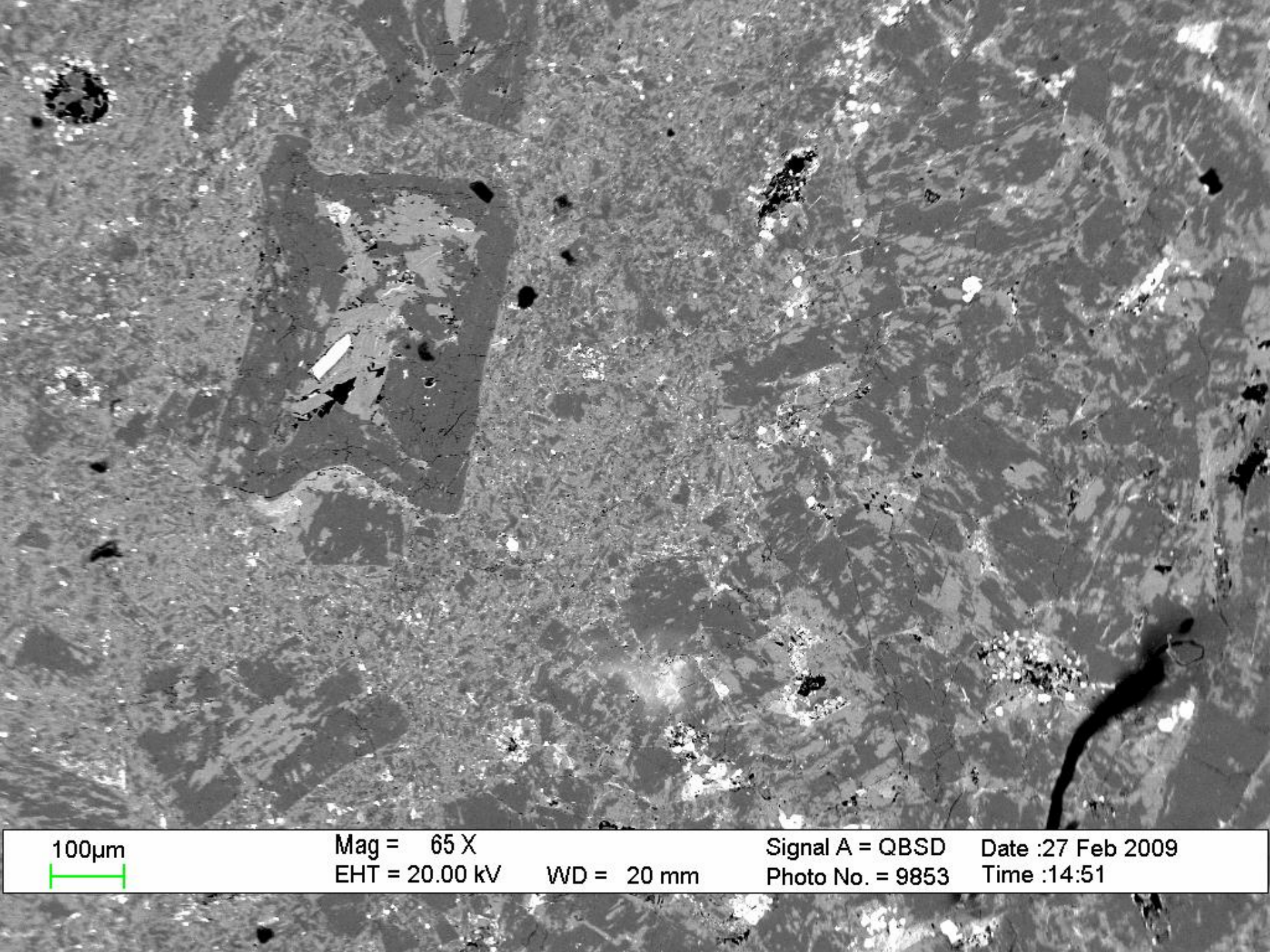


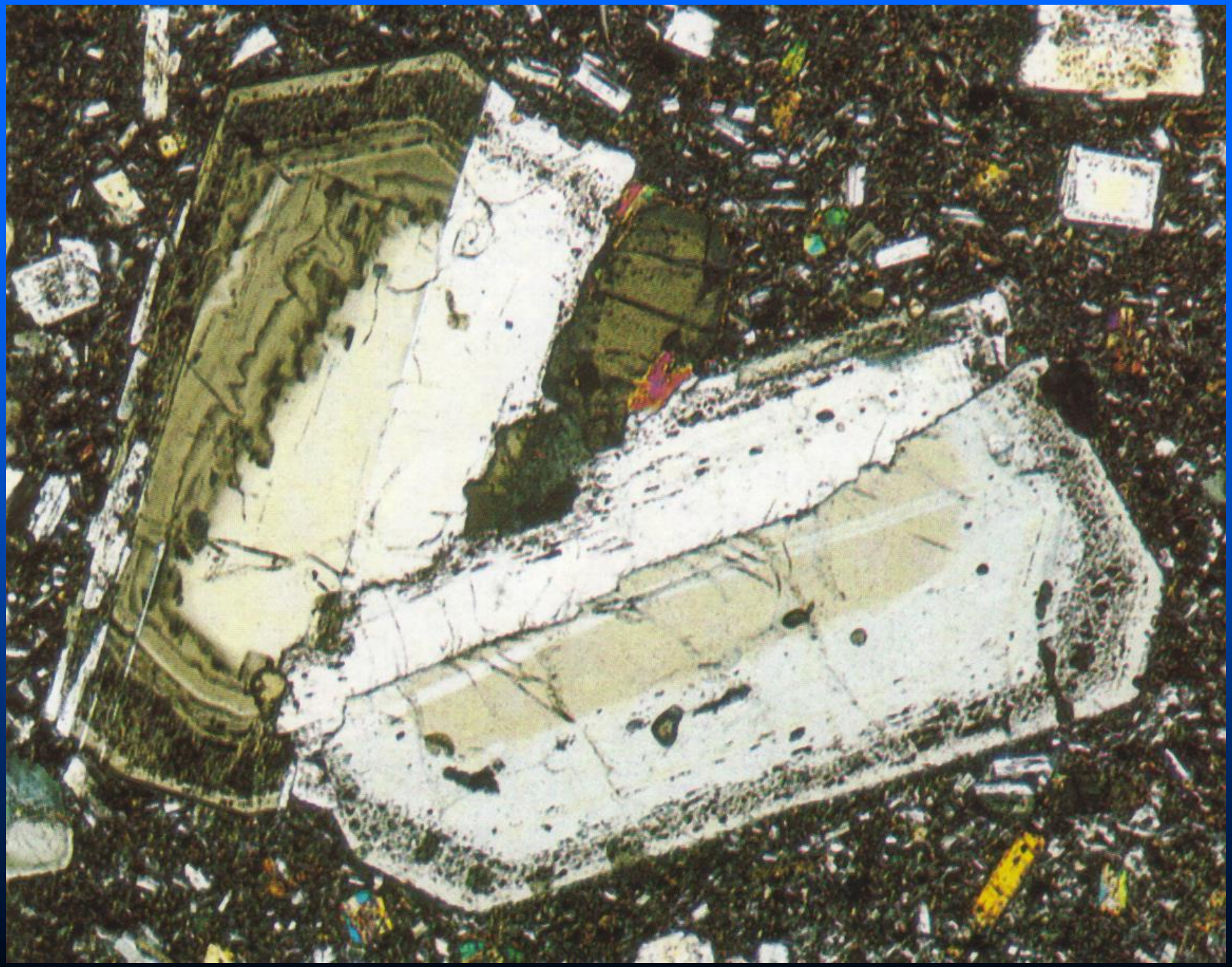


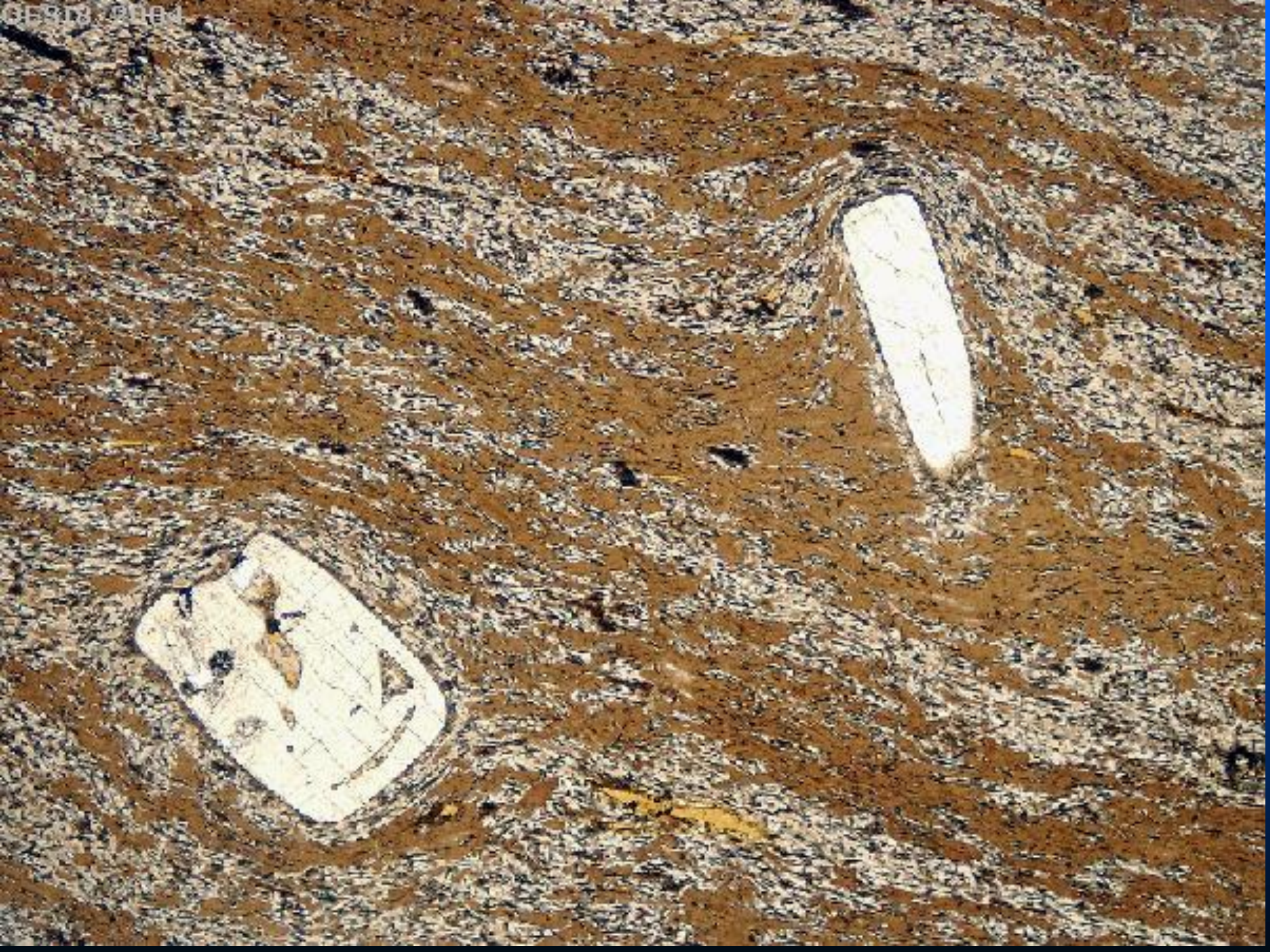


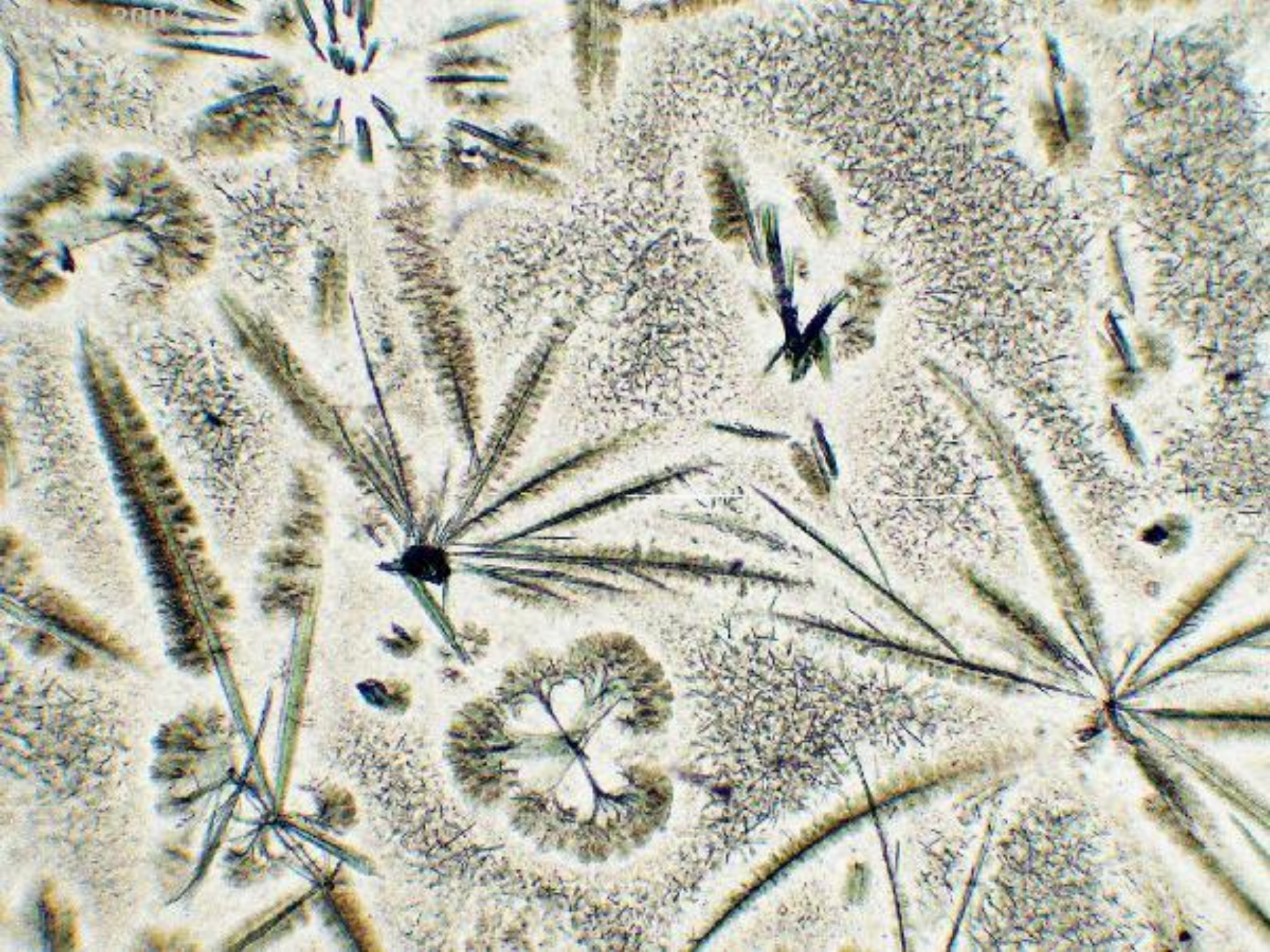



0.25 mm


100µm
Mag = 65 X
EHT = 20.00 kV
WD = 20 mm
Signal A = QBSD
Photo No. = 9853
Date :27 Feb 2009
Time :14:51

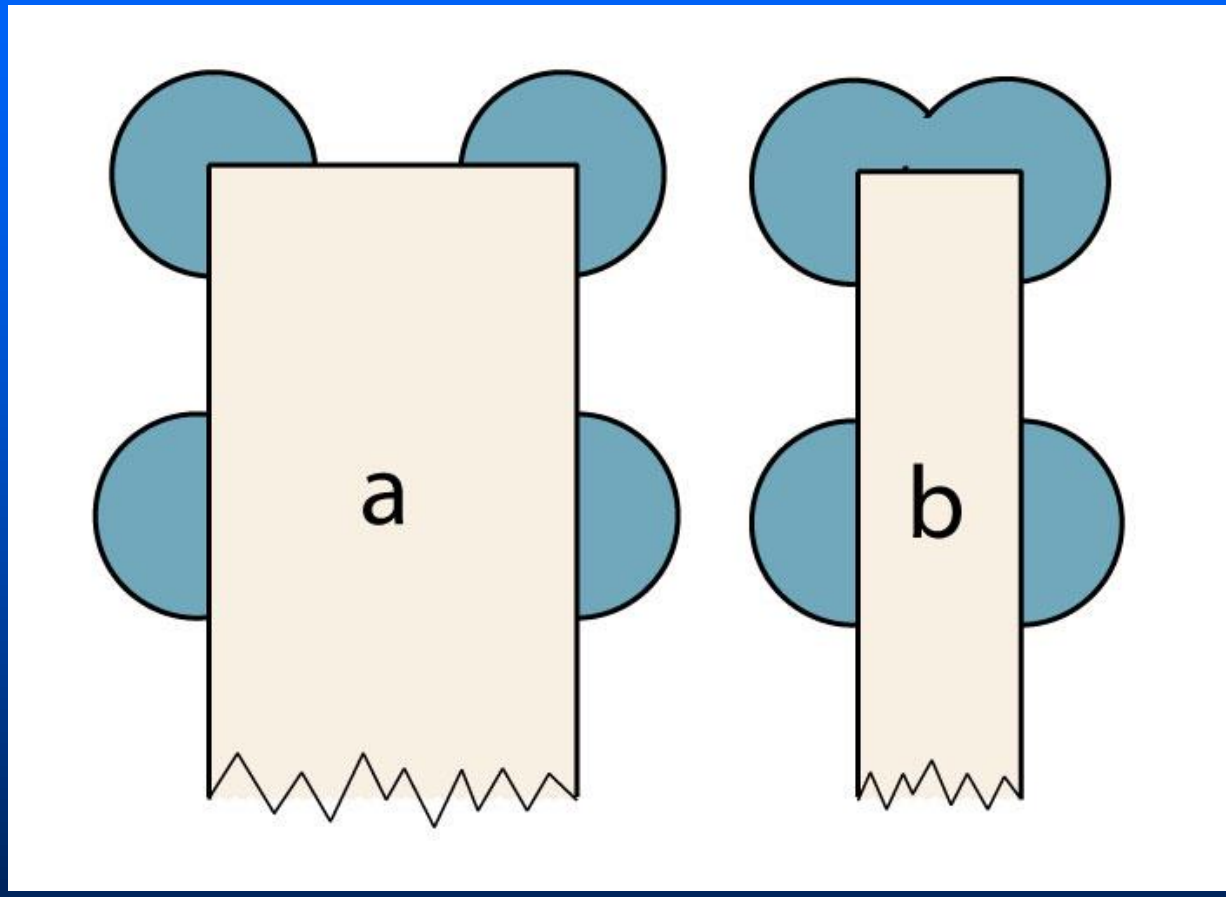


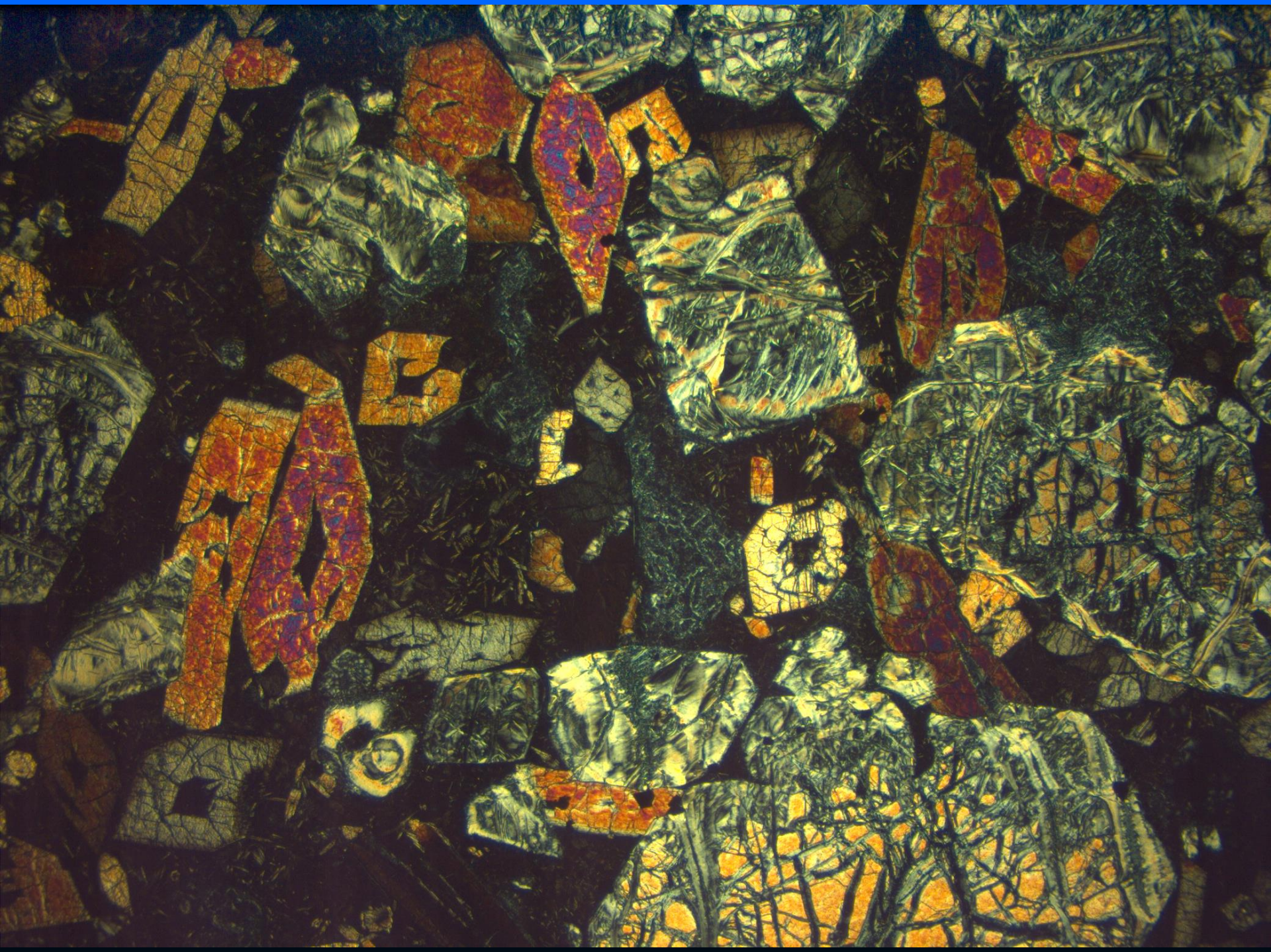


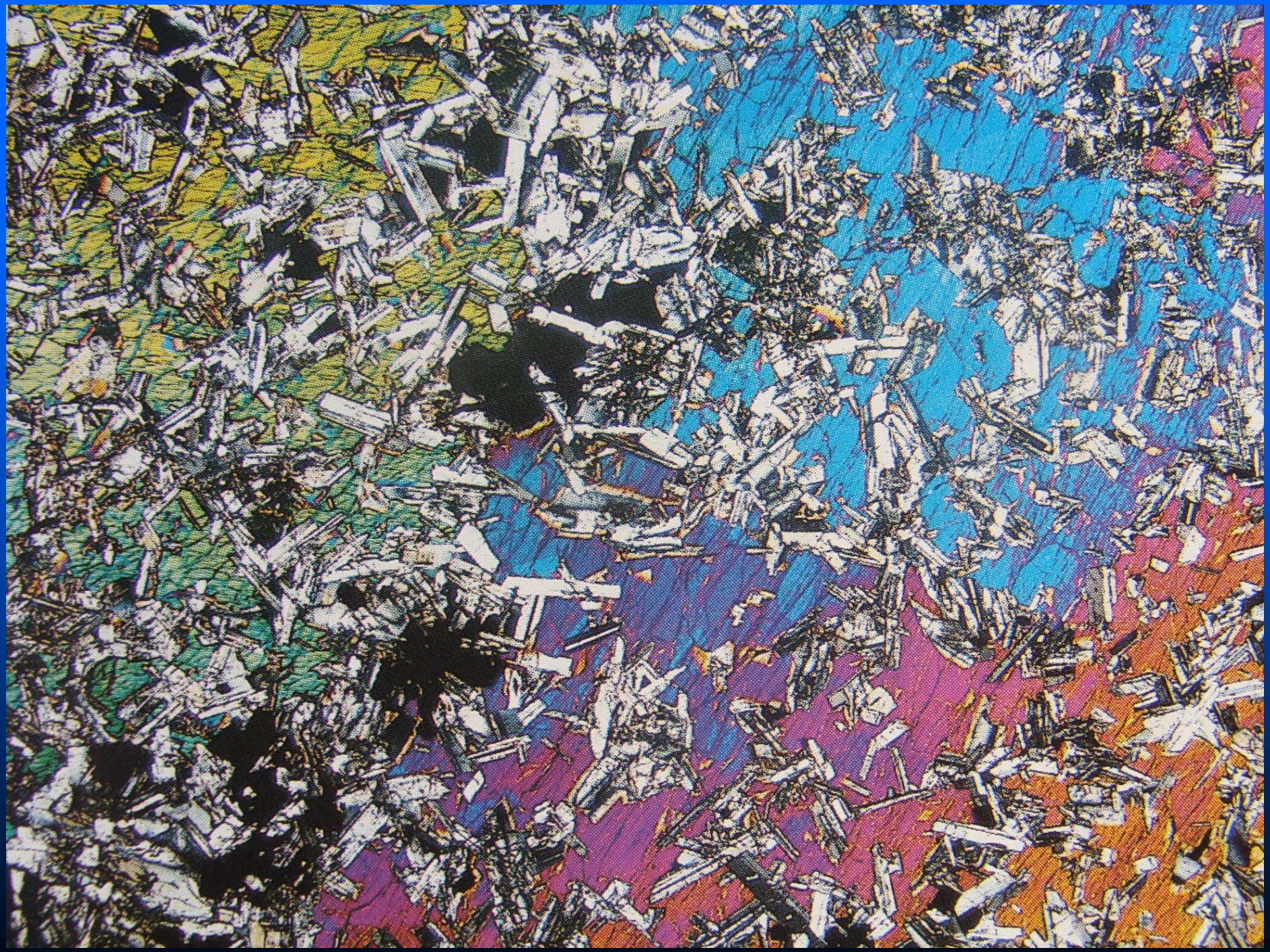


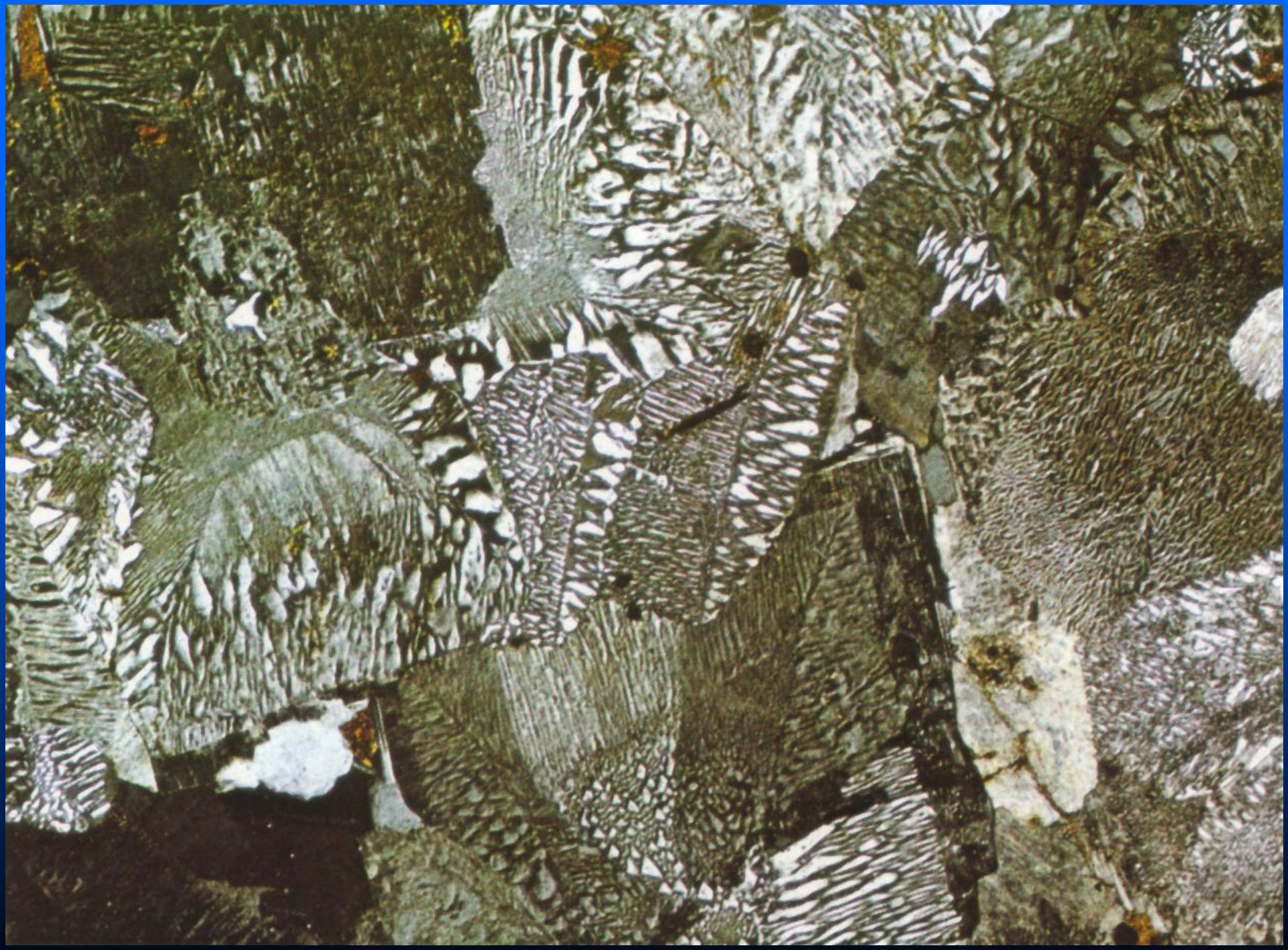
Ο όγκος του υγρού είναι μεγαλύτερος στα άκρα και στις γωνίες παρά στις έδρες των κρυστάλλων.

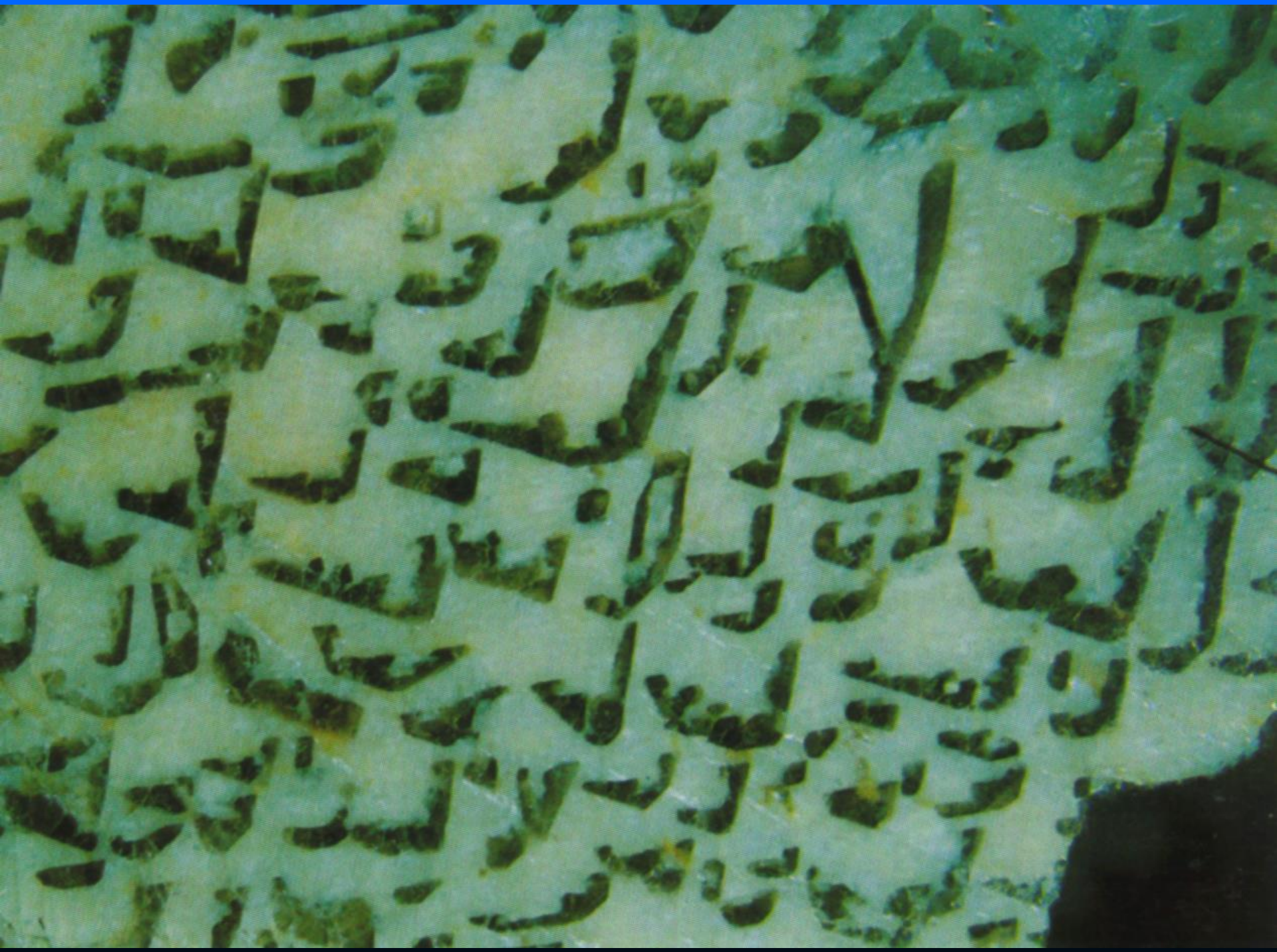
Επίσης εκεί οι κρύσταλλοι έχουν ιόντα με περισσότερους ελεύθερους δεσμούς

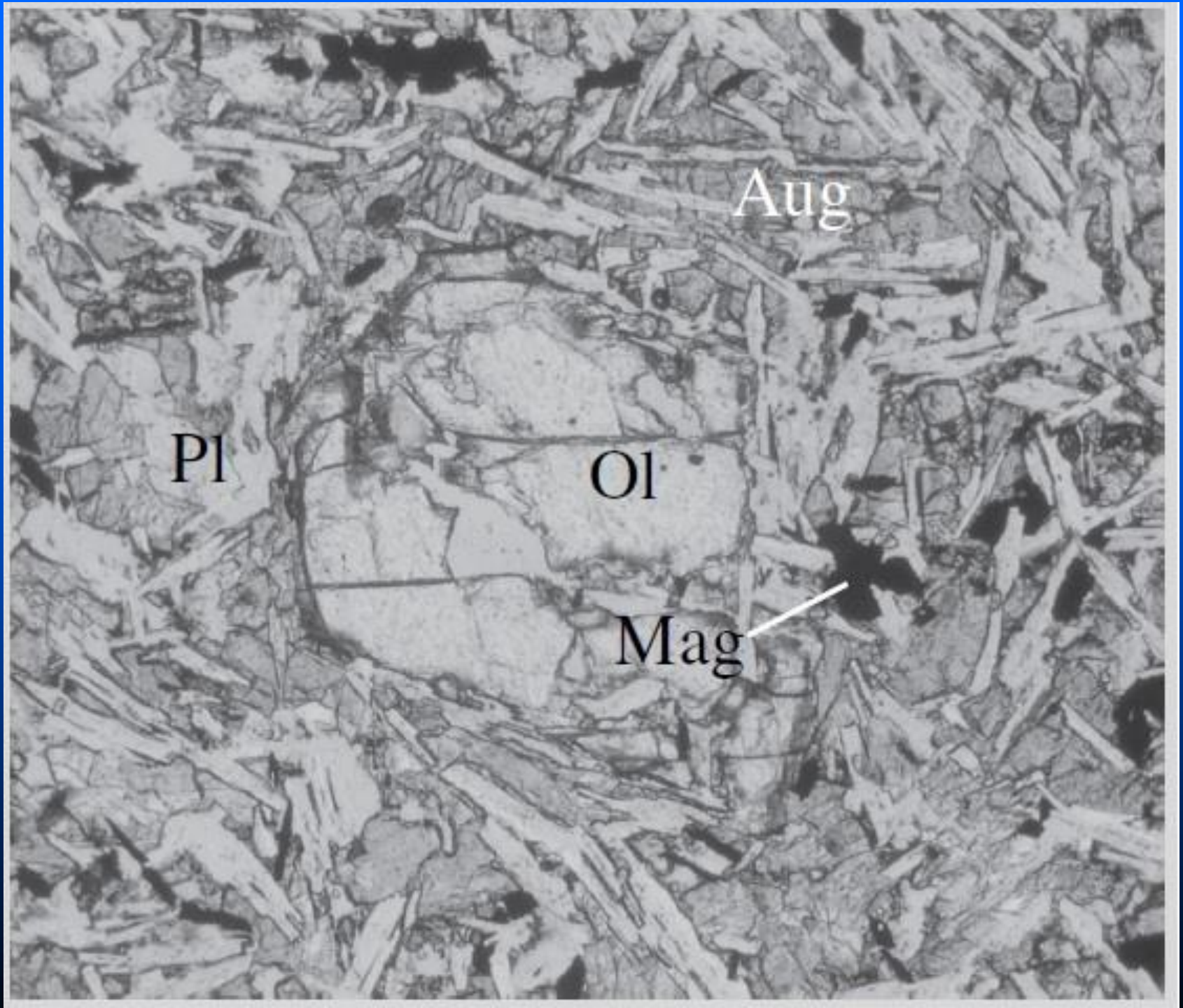











Aug
Pl
Ol
Mag

Με βάση χρωματικά κριτήρια

Φελσικά (ή λευκοκρατικά): *άστριοι + ορυκτά του* SiO_2
ανοιχτόχρωμα πυριτικά ορυκτά — Ηπειρωτικός φλοιός

Ενδιάμεσα: *επικράτηση πλαγιόκλαστου (>2/3 των αστρίων)*

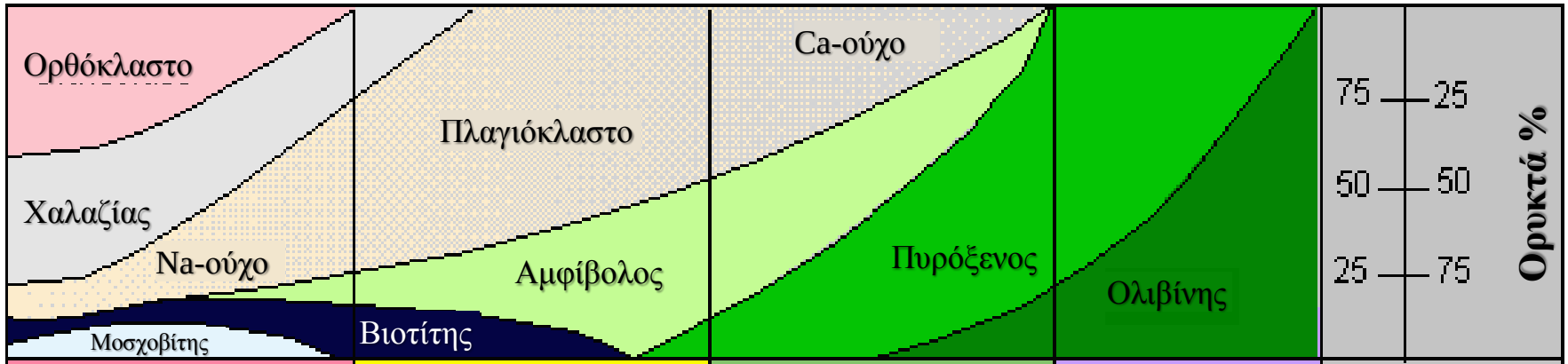
Μαφικά (ή μελανοκρατικά): *μαγνησιούχα και σιδηρούχα ορυκτά, ~45-50%* SiO_2
σκουρόχρωμα πυριτικά ορυκτά — Ωκεάνιος φλοιός

Υπερμαφικά: *>90% μαφικά ορυκτά,* SiO_2 *< 45%, λίγα ή καθόλου πλαγιόκλαστα*
Μανδυακά πετρώματα

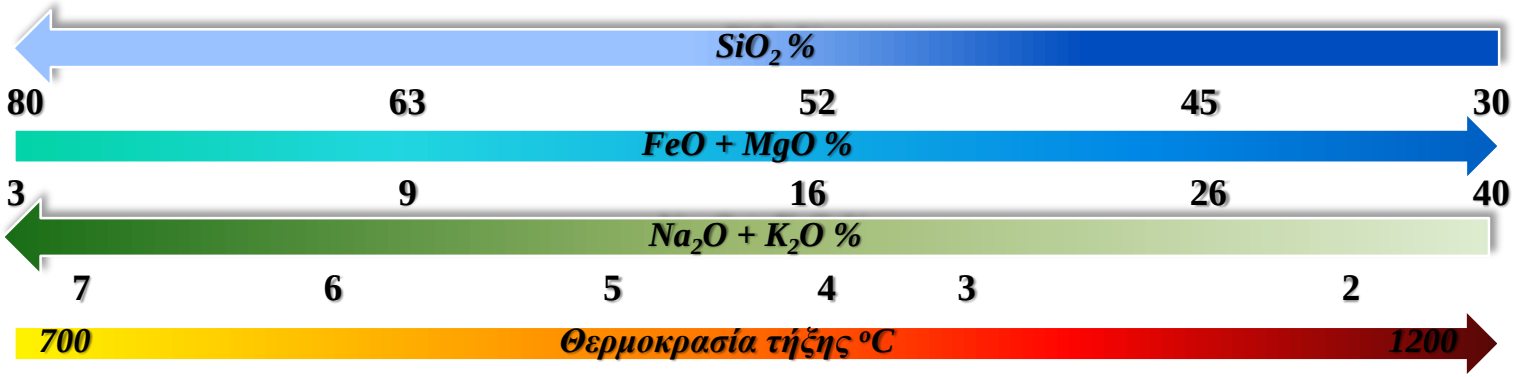
Δείκτης χρώματος

- Είναι η πραγματική ποσοστιαία συμμετοχή του συνόλου των μελανοκρατικών ορυκτών
  - Λευκοκρατικά: 0-30%
  - Μελανοκρατικά: 60-100%

Σύσταση Μαγματικών Πετρωμάτων



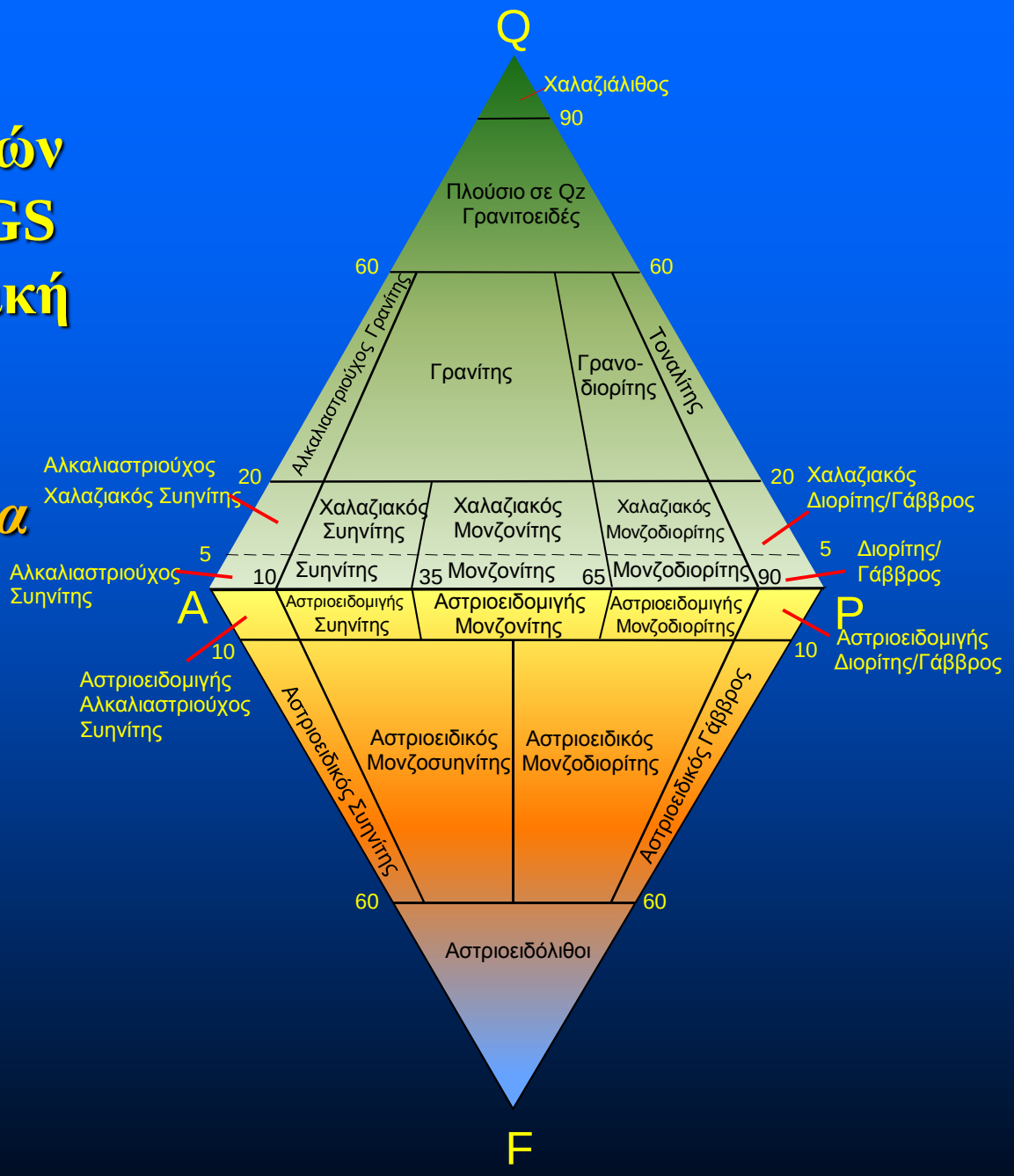
ρυόλιθος	*ανδεσίτης*	*βασάλτης*	*κοματίτης*	Ηφαιστειακό
γρανίτης	*διορίτης*	*γάββρος*	*περιδοτίτης*	Πλουτώνιο
όξινο	*ενδιάμεσο*	*βασικό*	*υπερβασική*	Σύσταση
φελσικό	*ενδιάμεσο*	*μαφικό*	*υπερμαφικ*	Χρώμα



Ταξινόμηση Μαγματικών Πετρωμάτων κατά IUGS (Με βάση την πραγματική σύσταση)

Πλουτώνια Πετρώματα

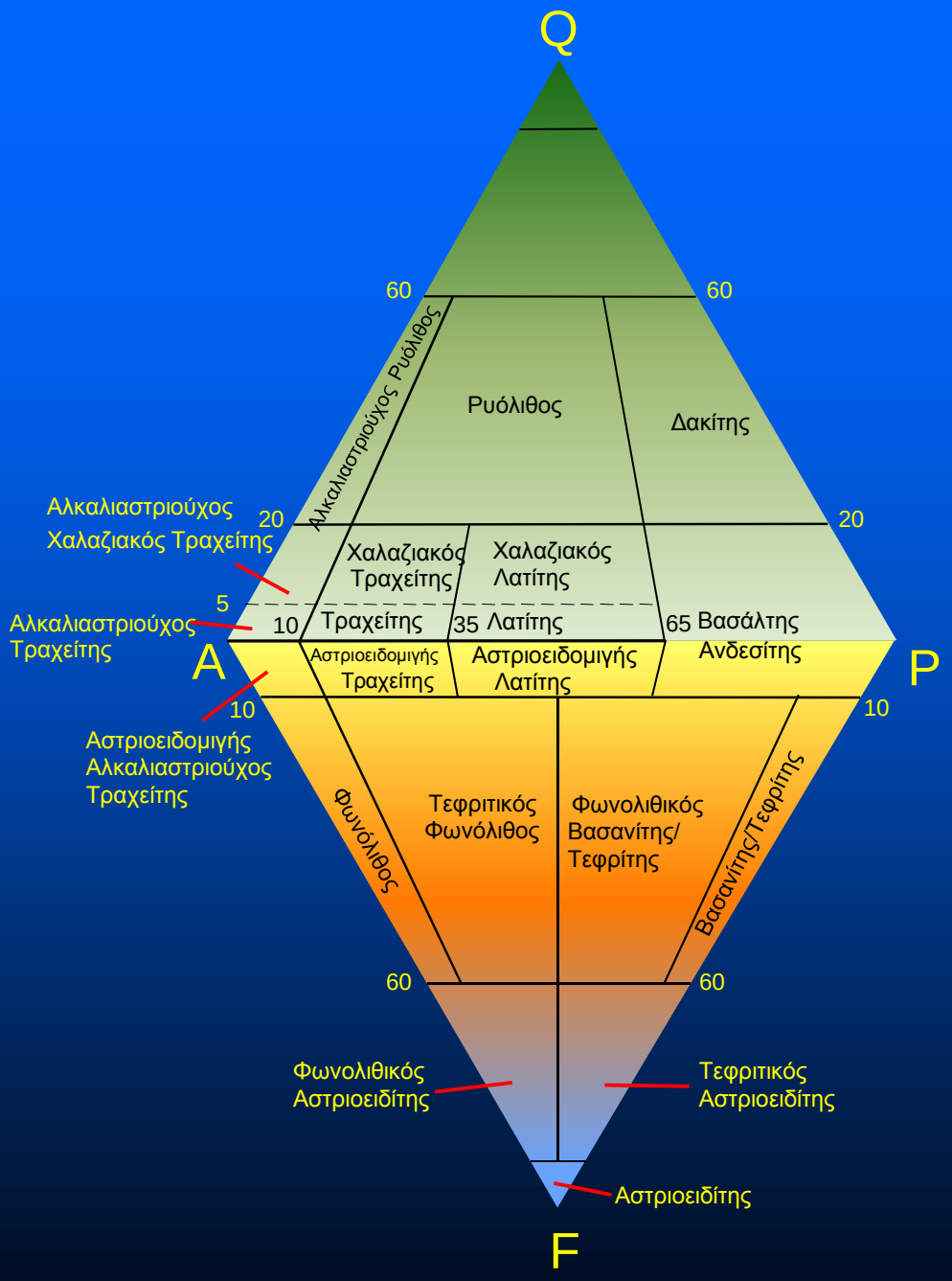
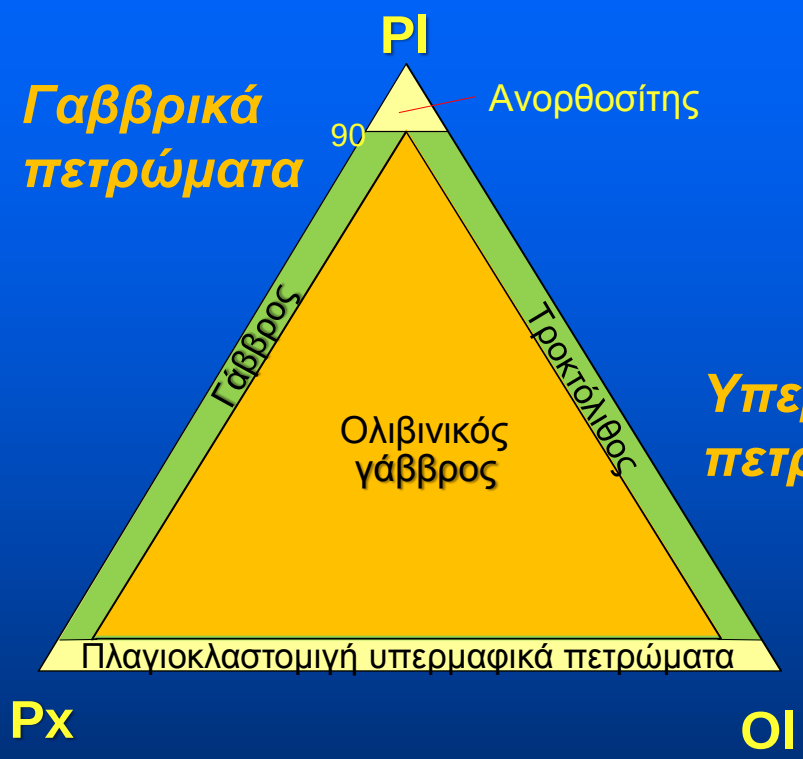
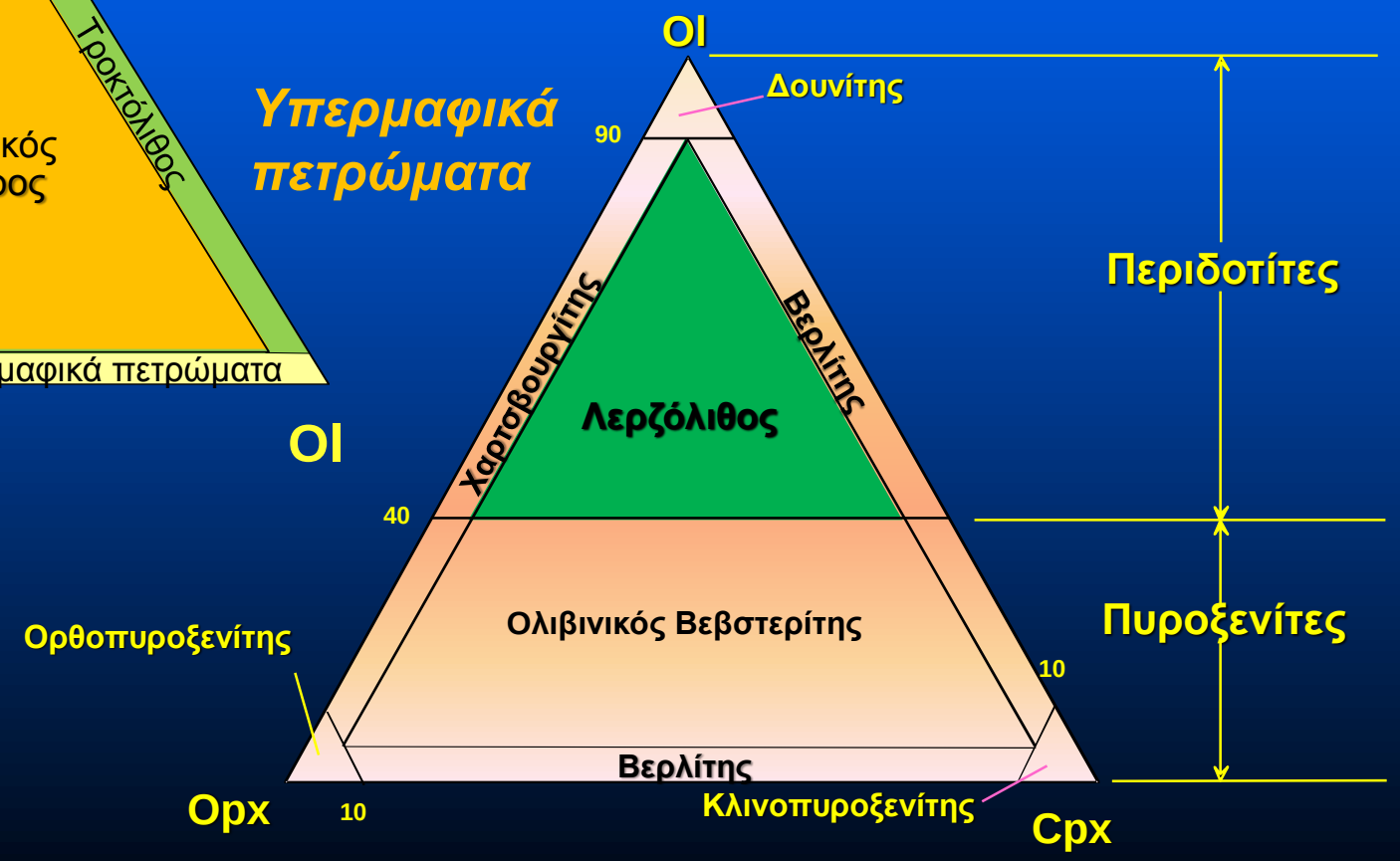
M≤90



Ταξινόμηση Μαγματικών Πετρωμάτων κατά IUGS (Με βάση την πραγματική σύσταση)

Ηφαιστειακά Πετρώματα

M≤90



Ταξινόμηση Μαγματικών Πετρωμάτων κατά IUGS (Με βάση την πραγματική σύσταση)