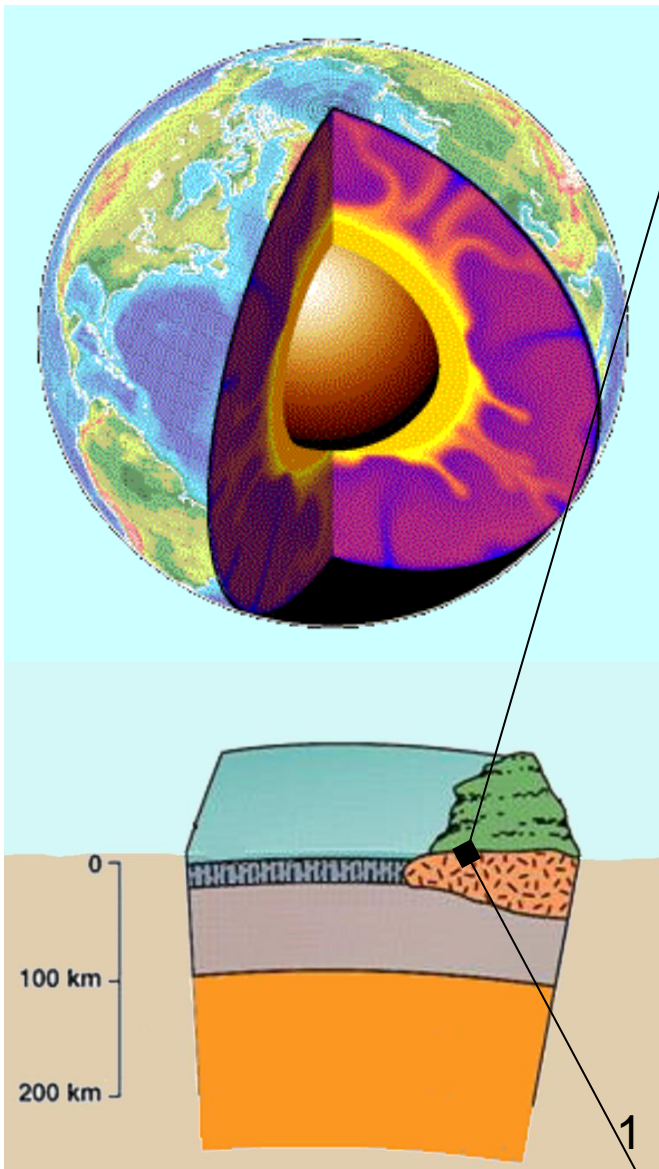




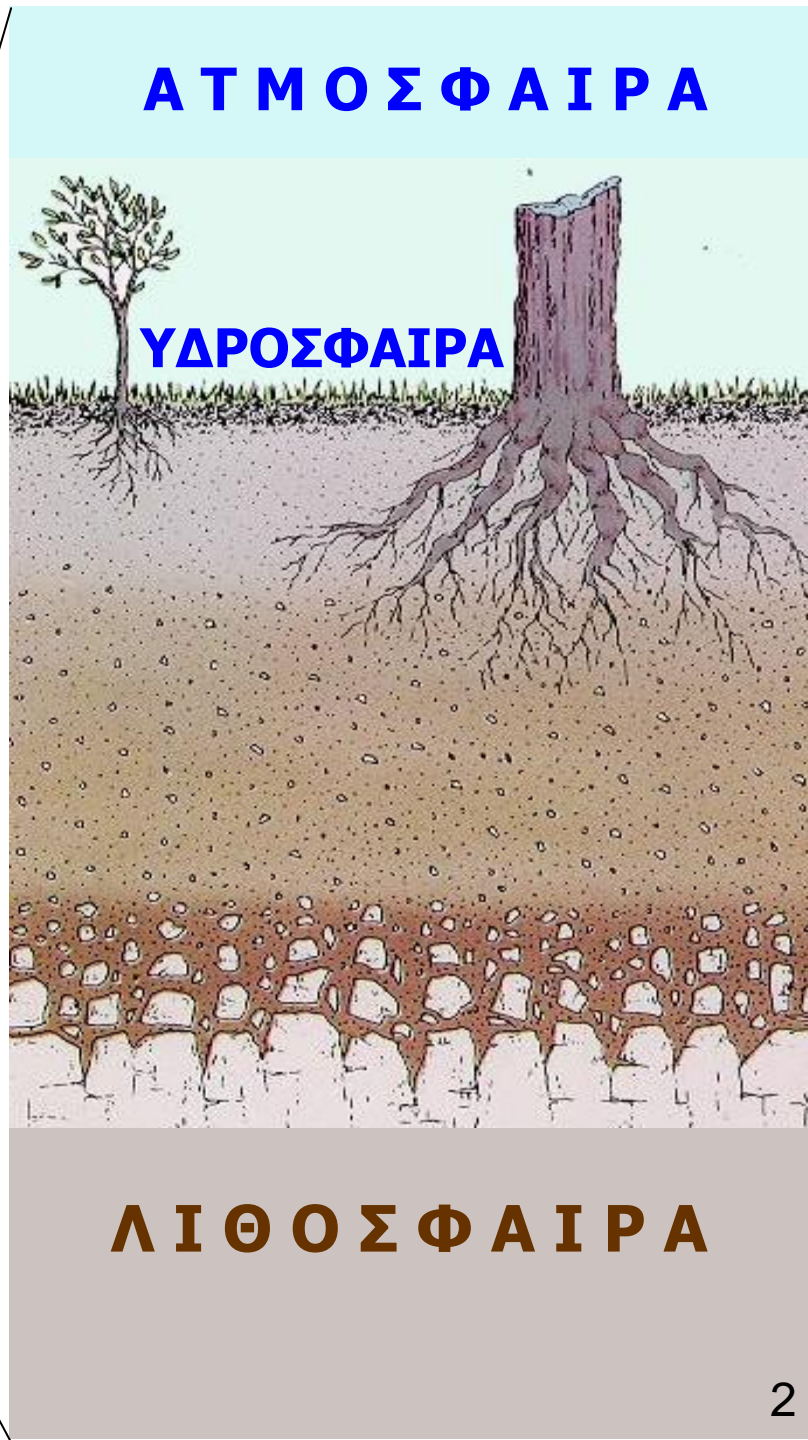
ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ - ΑΣΚΗΣΗ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

Μάθημα 8^ο : Ορυκτά - Συνθήκες μεταμόρφωσης - Πτερολογικοί τύποι.





ΟΡΥΚΤΑ ΣΤΗ ΓΗ



ΒΙΟΣΦΑΙΡΑ
ΓΕΩΣΦΑΙΡΑ

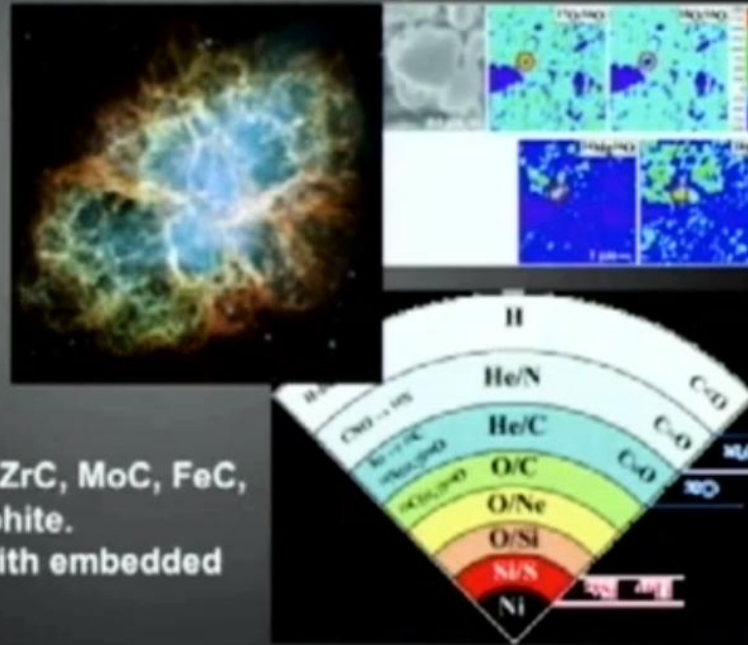
ΤΑ ΠΙΘΑΝΑ ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

Mineralogical Co-Evolution of the Geo- and Biospheres

“Ur”-Mineralogy

Pre-solar grains contain about a dozen
micro- and nano-mineral phases:

- Diamond/Lonsdaleite
- Graphite (C)
- Moissanite (SiC)
- Osbornite (TiN)
- Nierite (Si₃N₄)
- Rutile (TiO₂)
- Corundum (Al₂O₃)
- Spinel (MgAl₂O₄)
- Hibbonite (CaAl₁₂O₁₉)
- Forsterite (Mg₂SiO₄)
- Nano-particles of TiC, ZrC, MoC, FeC, Fe-Ni metal within graphite.
- GEMS (silicate glass with embedded metal and sulfide).



3

By Professor R. Hazen:

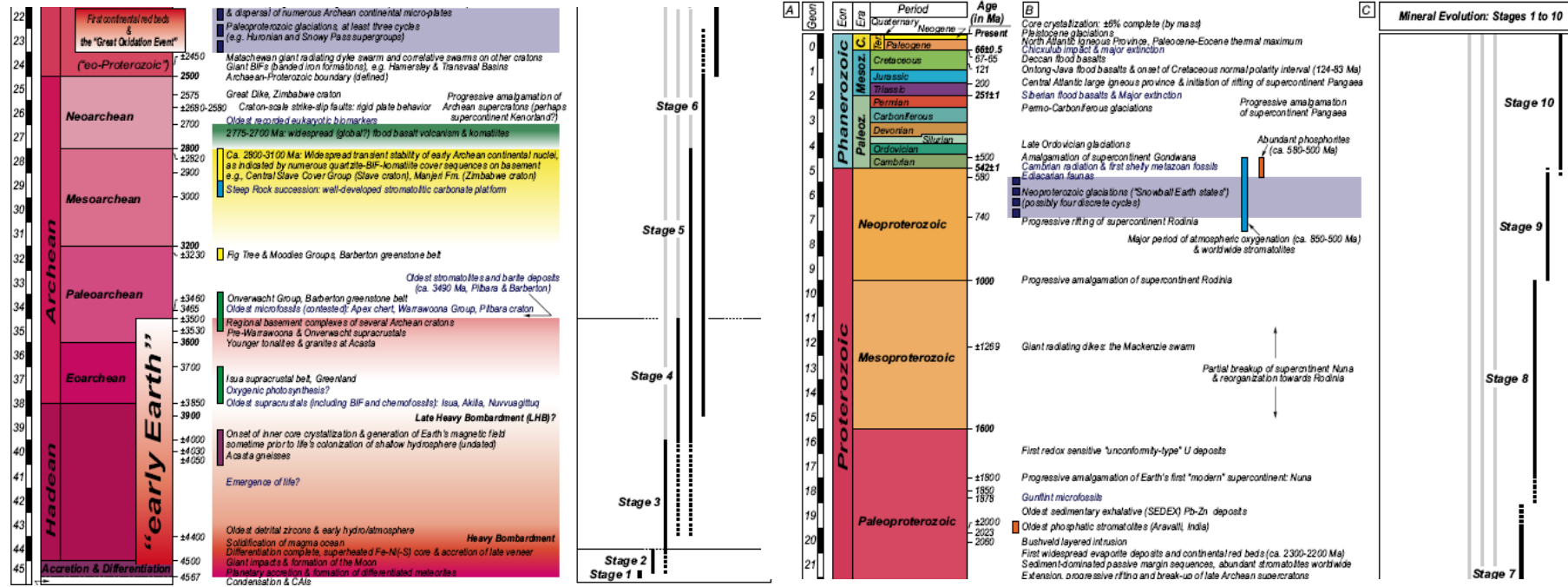
<http://www.youtube.com/watch?v=PcktDStlfiQ>

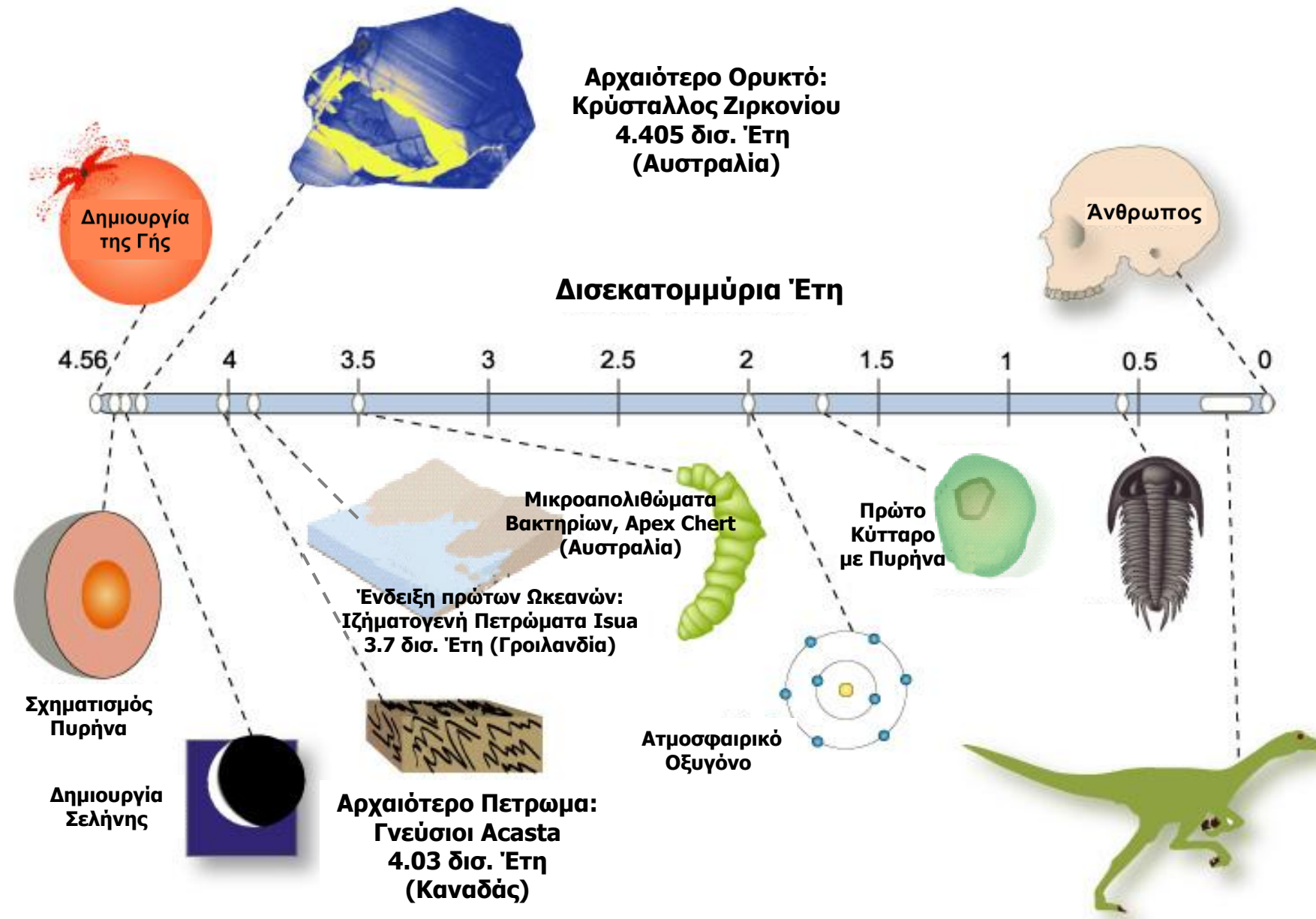
Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ (ΣΤΗ ΓΗ) ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

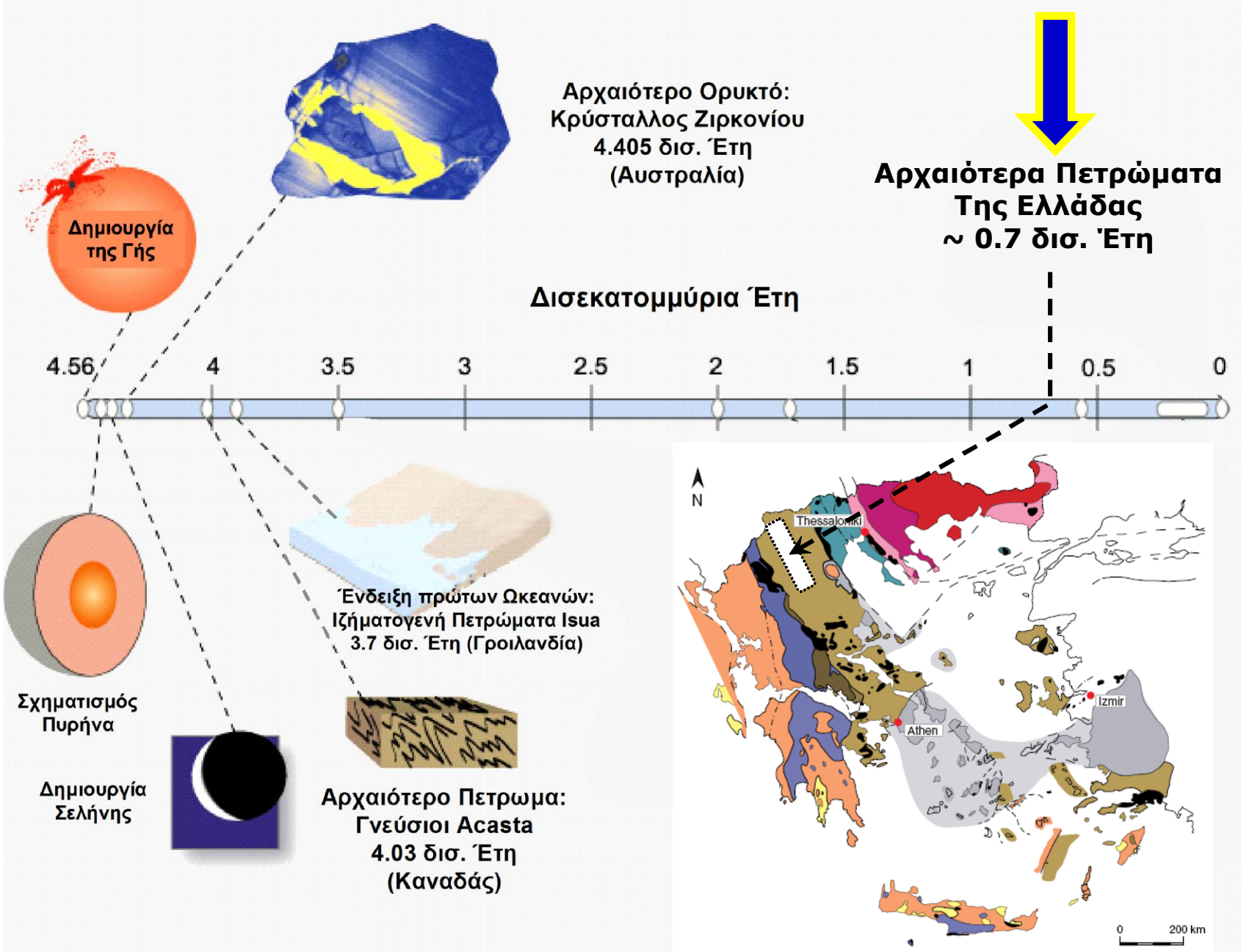
American Mineralogist, Volume 93, pages 1693–1720, 2008

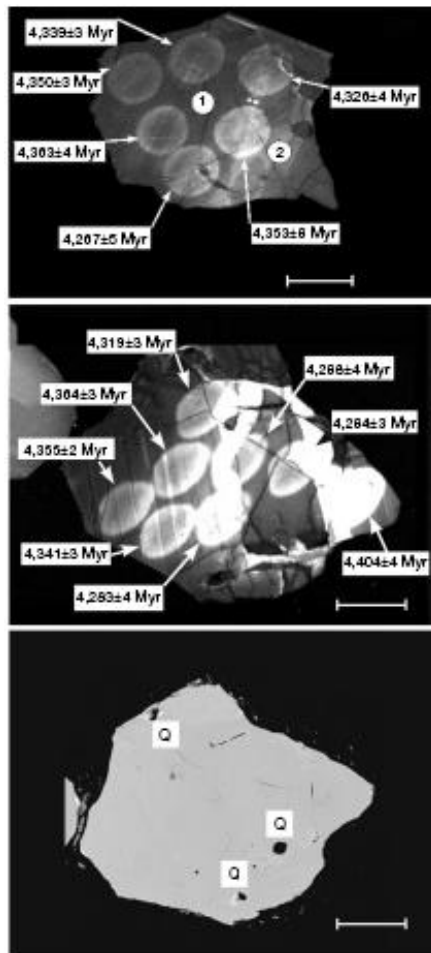
REVIEW PAPER Mineral evolution

ROBERT M. HAZEN,^{1,*} DOMINIC PAPINEAU,¹ WOUTER BLEEKER,² ROBERT T. DOWNS,³
JOHN M. FERRY,⁴ TIMOTHY J. MCCOY,⁵ DIMITRI A. SVERJENSKY,⁴ AND HEXIONG YANG³









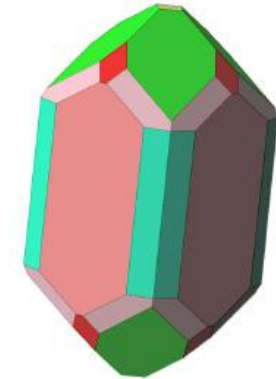
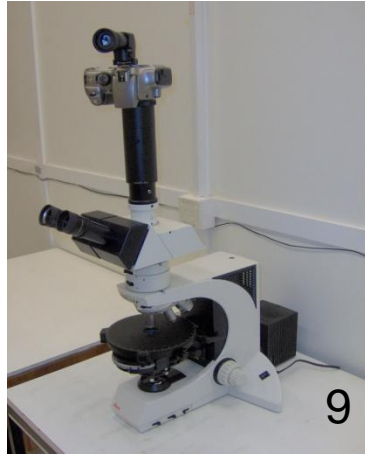
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$



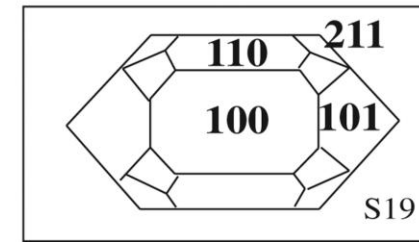
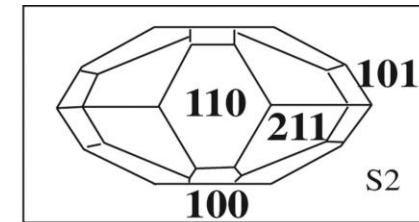
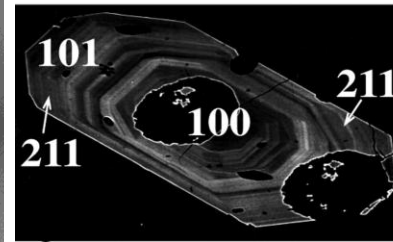
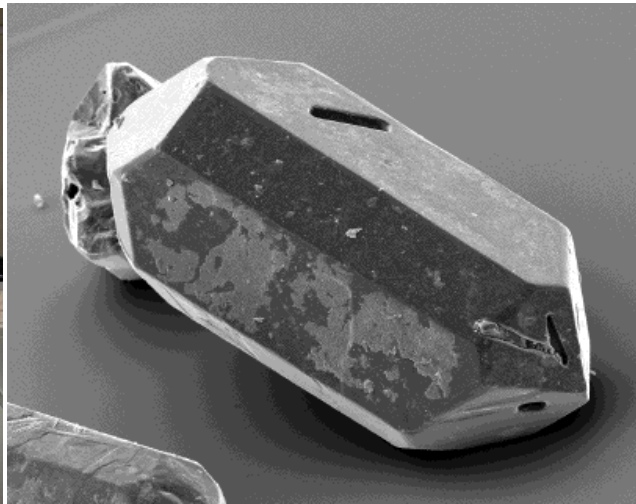
■ Κρύσταλλος ζιρκονίου. Έχει ηλικία 4,4 δισ. ετών

το συμπέρασμα ήταν ότι αρχικά η Γη δεν ήταν ένας συνεχώς κινούμενος ωκεανός μάγματος – όπως πιστεύαμε έως σήμερα – αλλά, αντίθετα, είχε αρκετά δροσερή ατμόσφαιρα, ώστε να δημιουργηθούν ωκεανοί και ήπειροι, προϋποθέσεις απαραίτητες για τη δημιουργία και την εμφάνιση της ζωής

ZIPKONIO (ZrSiO_4)



11



13

ΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

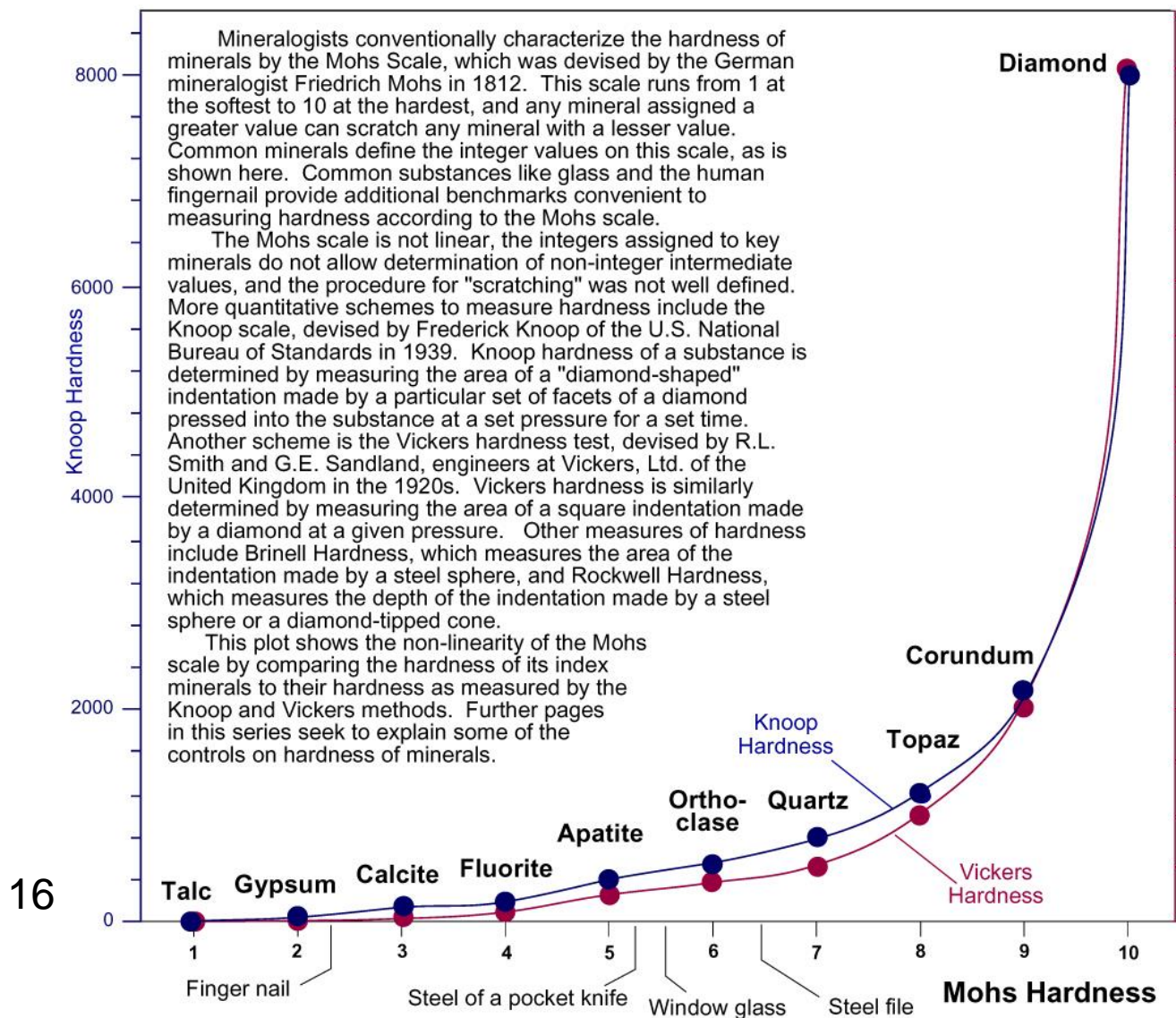




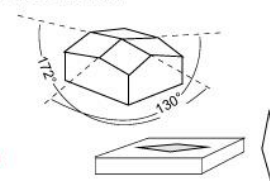
15

Copyright © 2010, The Open University

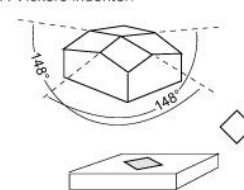
Hardness of minerals I: the Mohs scale



A Knoop indenter:



A Vickers indenter:



Original literature:

Mohs Hardness: Mohs, F., 1822, *Grundriß der Mineralogie* (two volumes, 1822 and 1824): Dresden, Arnoldschen Buchhandlung (translated to English by Wilhelm Ritter von Haidinger as *Treatise on Mineralogy* in 1825 and published by Constable & Co. Ltd. of Edinburgh).

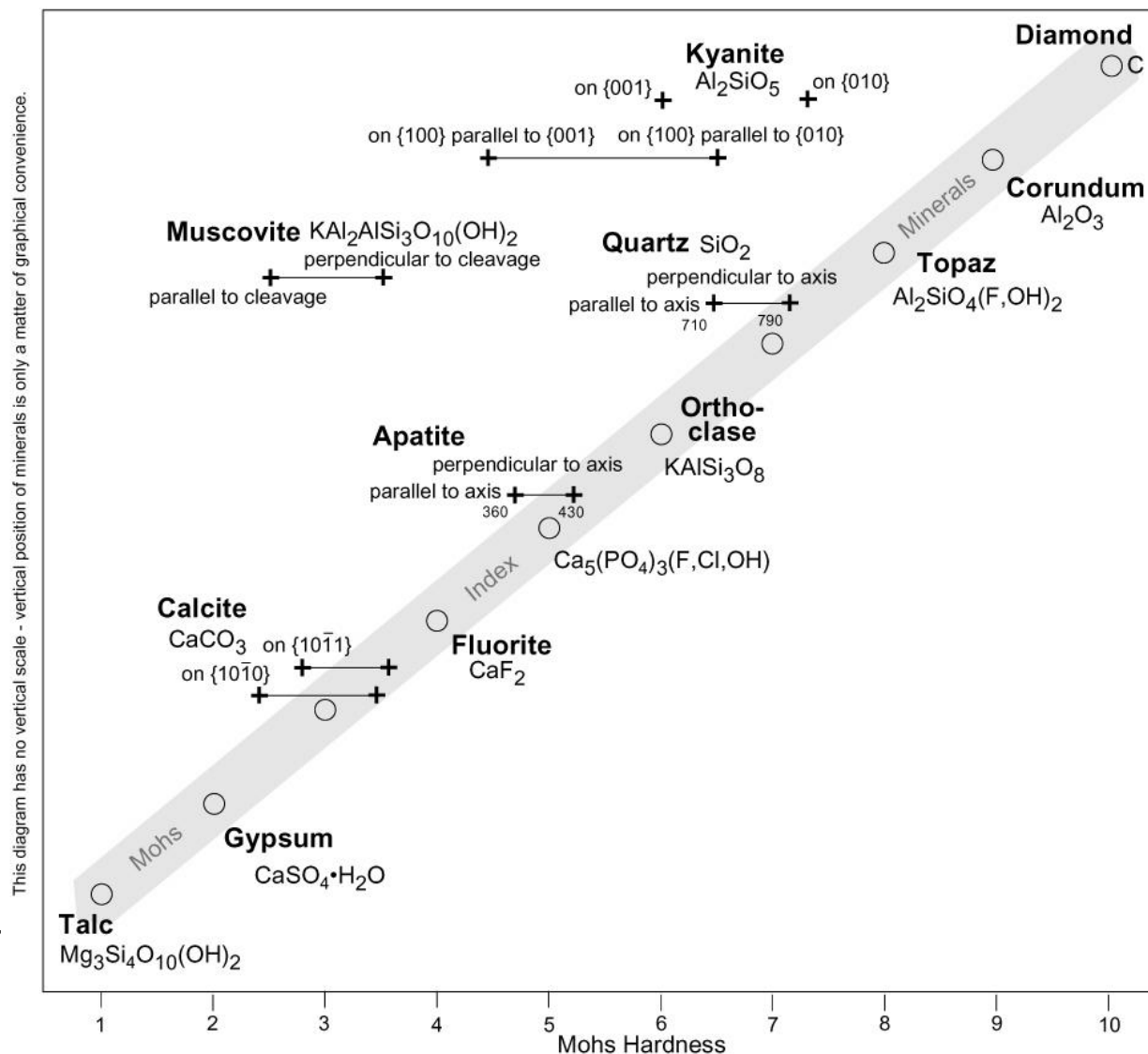
Vickers Hardness: Smith, R.L., and Sandland, G.E., 1925, Some notes on the use of a diamond pyramid for hardness testing: *J. Iron St. Inst.*, v. 111, p. 285-294.

Knoop Hardness: Knoop, F., Peters, C.G., and Emerson, W.B., 1939, A sensitive pyramidal-diamond tool for indentation measurements: *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, v. 23, p. 39-61 (see esp. Table 8).

Other sources:

University of Maryland Center for Advanced Life Cycle Engineering, ~2005, *Material Hardness*: www.calce.umd.edu/general/Facilities/Hardness_ad_.htm#3.6.2.
 Archae Solenhofen, 2003, *Rock properties and their importance to stoneworking, carving, and lapidary working of rocks and minerals by the ancient Egyptians*: www.geocities.com/unforbidden_geology/rock_properties.htm

Hardness of minerals VI: effect of crystal face and direction



Simple discussions of hardness of minerals assume that any mineral has one value of hardness. In fact, in many minerals hardness varies from crystal face to crystal face, and it also commonly varies with direction on any one crystal face. Hardness is therefore said to be "anisotropic", or to vary with direction relative to the crystal structure. This dependence of hardness on orientation is to be expected if one appreciates that hardness is measured by deformation (scratching or indentation) of the crystal structure via the breakage of bonds, and that different surfaces intersect the crystal structure at different orientations, subjecting different bonds, and different frequencies of bonds, to breakage.

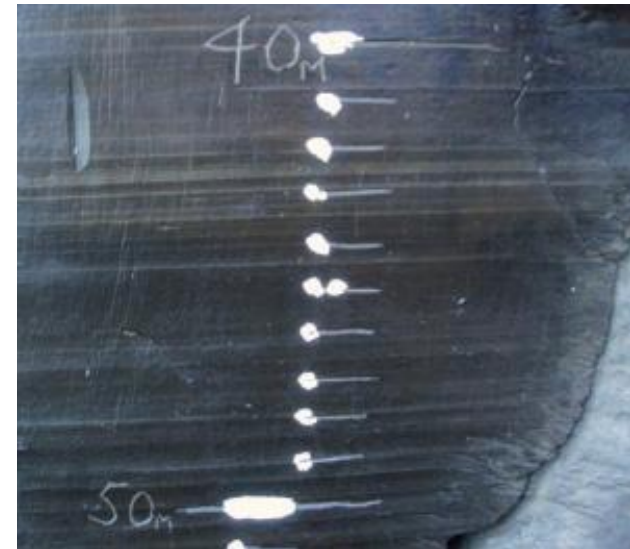
One of the most striking examples of this effect is kyanite, where hardness varies across several units of the Mohs scale. Significant variation also exists within quartz, apatite, and calcite, three index minerals of the Mohs scale. Thus defining integer values of Mohs hardness by the hardness of a particular mineral is problematic, because at least some of those minerals, and probably all of them, have hardnesses that vary.

Sources:

Knoop, F., Peters, C.G., and Emerson, W.B., 1939. A sensitive pyramidal-diamond tool for indentation measurements: *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, v. 23, p. 39-61 (see esp. Table 8).

Gaines, R.V., et al., 1997, *Dana's New Mineralogy*: New York, John Wiley & Sons, 1819 p.

von Tertsch, H., 1950. Beobachtungen über Vickers-microhärte am kalkspat: *Mikroskopie: Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik*, v. 5, p. 172-183. Depiction of von Tertsch's data here is best considered qualitative, because the quantitative data reported defy simple transfer to this diagram.



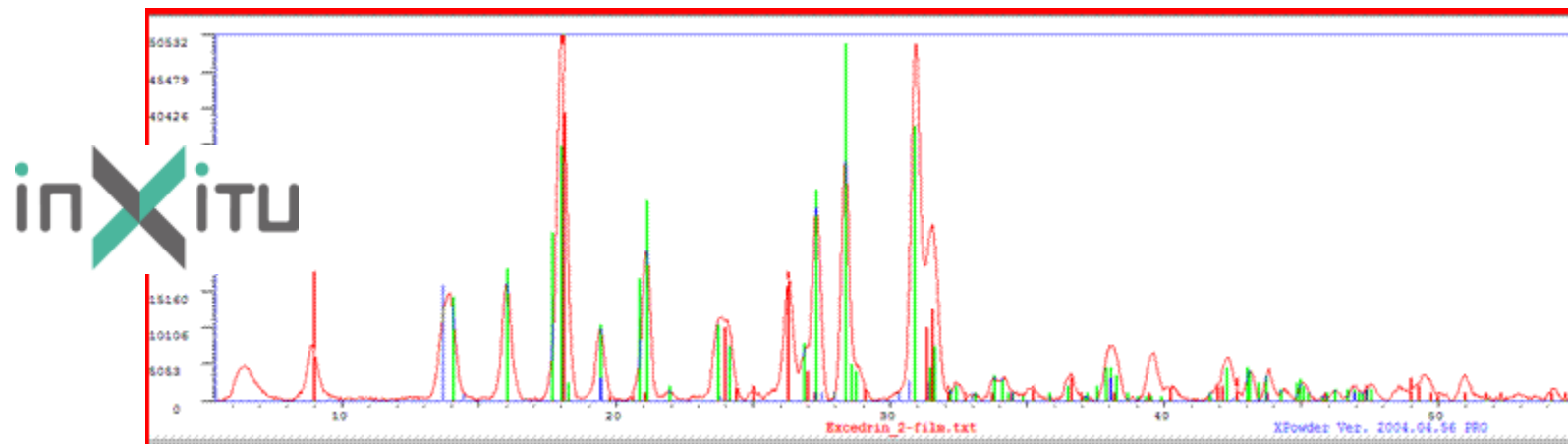
ΦΟΡΗΤΟ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΟ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ (XRF)



ΦΟΡΗΤΟ ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΟ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ (XRD)

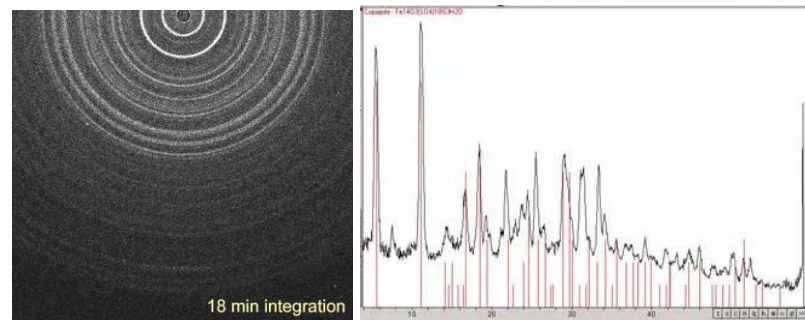


20



21

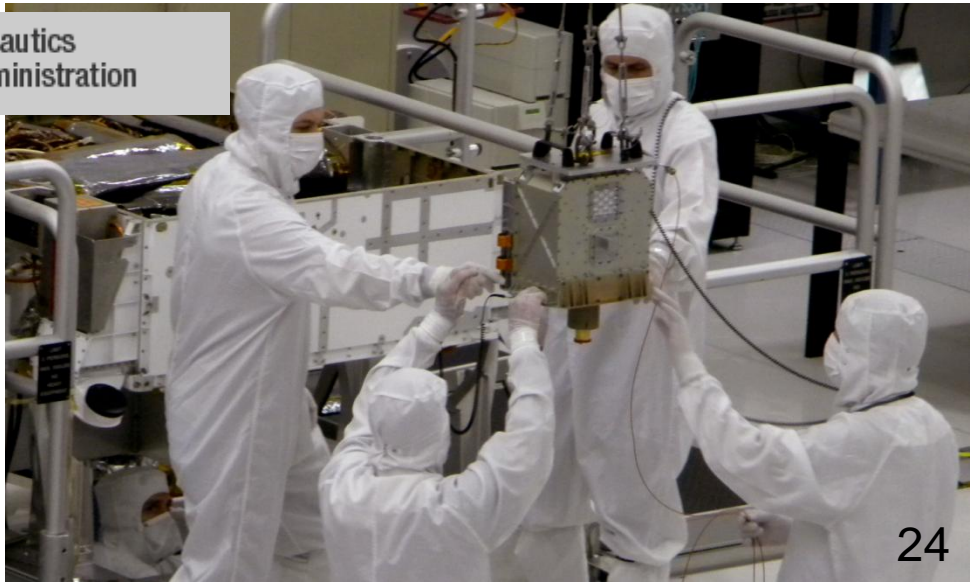
MINERALOGICAL IN-SITU INVESTIGATION OF ACID-SULFATE SAMPLES FROM THE RIO TINTO RIVER, SPAIN, WITH A PORTABLE XRD/XRF INSTRUMENT. P. Sarrazin¹, D.W. Ming², R.V. Morris², D. Fernández-Remolar³, R. Amils³, R.E. Arvidson⁴, D. Blake⁵, D. L. Bish⁶, ¹inXitu Inc., 2551 Casey Ave Ste A, Mountain View, CA 94043 psarrazin@inxitu.com; ²NASA Johnson Space Center, Mail Code KX3, Houston, TX 77058; ³Centro de Astrobiología (CSIC/INTA) 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid, Spain; ⁴Earth and Planetary Sciences, Washington University, St. Louis, MO 63130; ⁵NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA 94035; ⁶Dept. of Geological Sciences, Indiana Univ., Bloomington, IN 47405-1405.





DAVID BLAKE

23




24



PHILIPPE
SARRAZIN



<http://geology.indiana.edu/bish/index.html>


INDIANA UNIVERSITY BLOOMINGTON

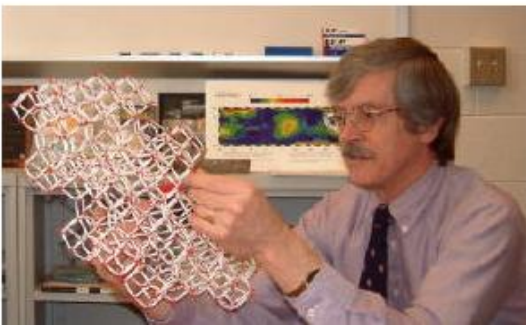
GEOLOGICAL SCIENCES AT INDIANA

Department | **People** | Research | Education | Courses | News/Events | Resources

DAVID BISH
Haydn Murray Chair of Applied Clay Mineralogy
 Mineralogy

Office: GY209
 Phone: 812-855-2039
 Email: bish@indiana.edu

GO



25

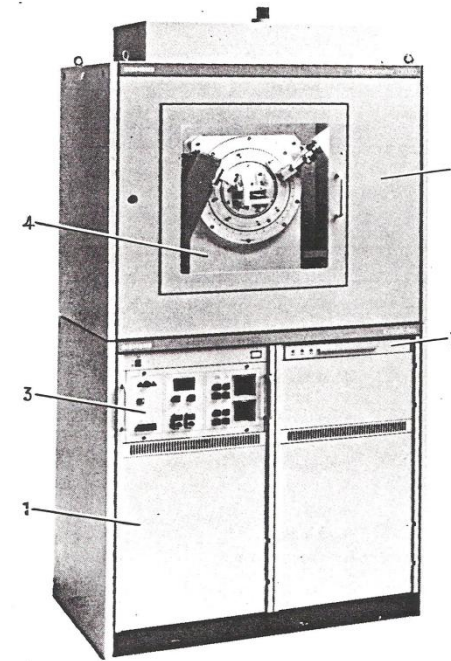
ΠΙΣΩ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ





ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ

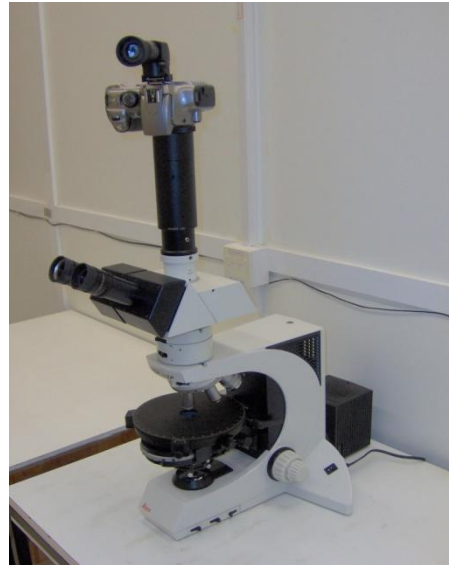
Περιθλασίμετρο Ακτίνων-Χ Σκόνης



- | | | | |
|---|------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| 1 | Standgehäuse | 2 | Strahlenschutzgehäuse |
| | Console | | Radiation protection |
| | Console | | Boîtier de protection des radiations |
| 3 | Röntgeneratore | KRISTALLOFLEX® | |
| | KRISTALLOFLEX® | X-ray generator | |
| | Genérateur de rayons X | KRISTALLOFLEX® | |
| 4 | Goniometer | 7 | Bedienfeld |
| | Goniometer | | Control panel |
| | Goniomètre | | Panneau de commande |

**ΟΠΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΣ
(ΠΟΛΩΤΙΚΟ-ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΟ)
& ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΣ
(ΜΕΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΟ)**

**ΣΑΡΩΤΙΚΟ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ
ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ (SEM)**



28



29

**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ
ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ (TEM)**

**ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
ΑΤΟΜΙΚΗΣ
ΔΥΝΑΜΗΣ (AFM)**

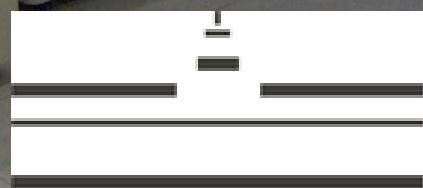
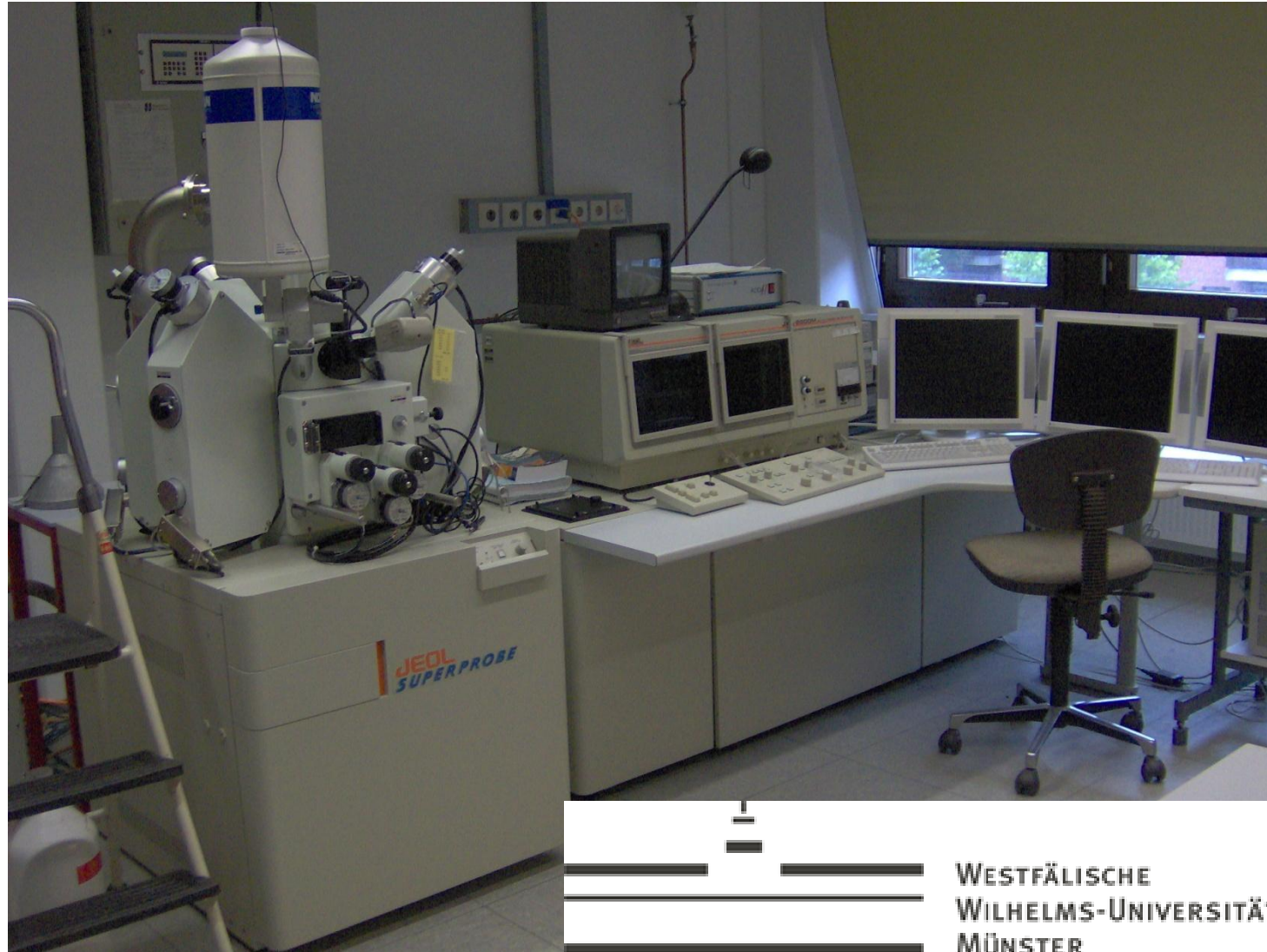


30



31

ΣΑΡΩΤΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ (SEM) – ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΑΝΑΛΥΣΗ (ΕΡΜΑ)

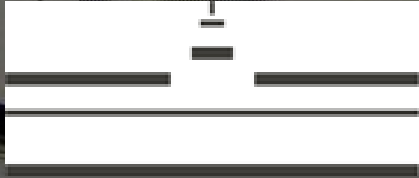


WESTFÄLISCHE
WILHELMS-UNIVERSITÄT
MÜNSTER



**ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**

LA-ICP-MS



WESTFÄLISCHE
WILHELMS-UNIVERSITÄT
MÜNSTER

ΟΛΙΚΗ & ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

LA-MC-ICP-MS



האוניברסיטה העברית בירושלים
The Hebrew University of Jerusalem

המכון למדעי כדור הארץ - Earth Science Institute

35

ΨΥΞΗ ΜΑΓΜΑΤΟΣ (σειρά κρυστάλλωσης ορυκτών κατά Bowen)

VOLUME XXX

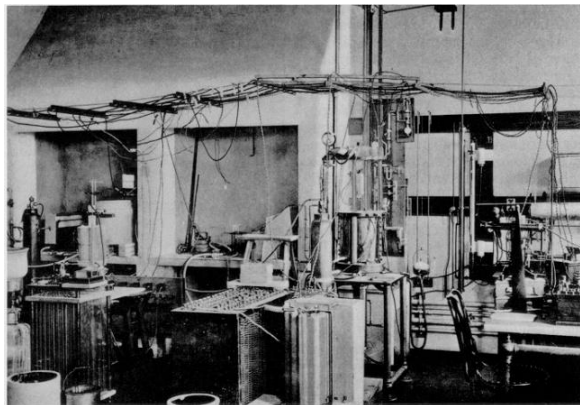
NUMBER 3

THE JOURNAL OF GEOLOGY

April-May 1922

THE REACTION PRINCIPLE IN PETROGENESIS

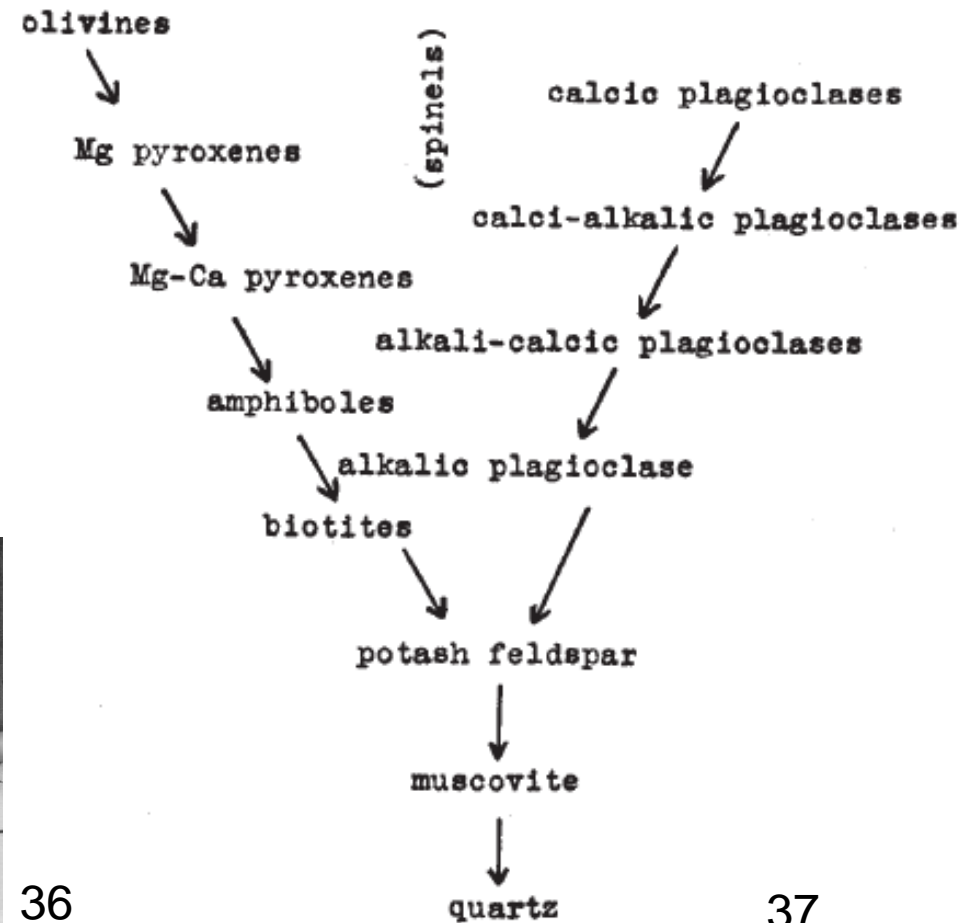
N. L. BOWEN
Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington



36

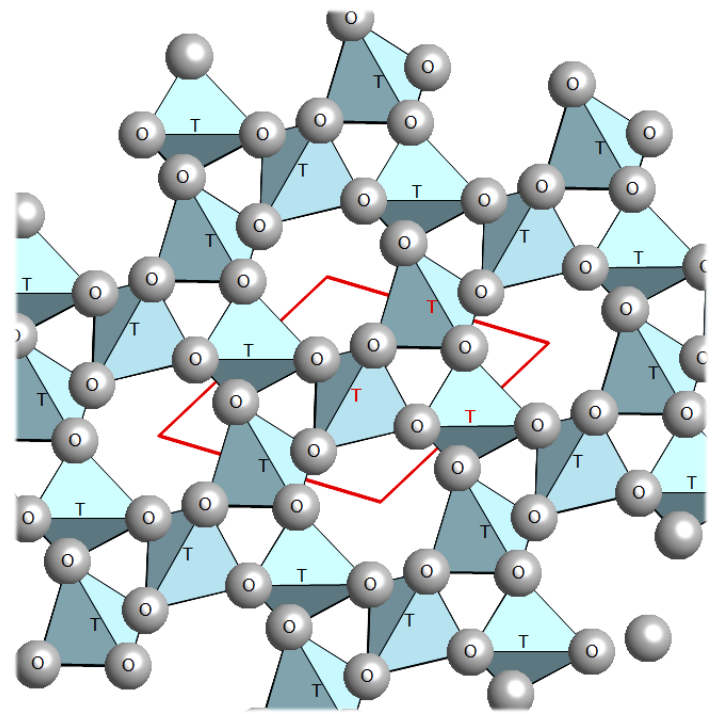
TABLE II

REACTION SERIES IN SUB-ALKALINE ROCKS



37

ΧΑΛΑΖΙΑΣ :







43

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (Mohs) = 7

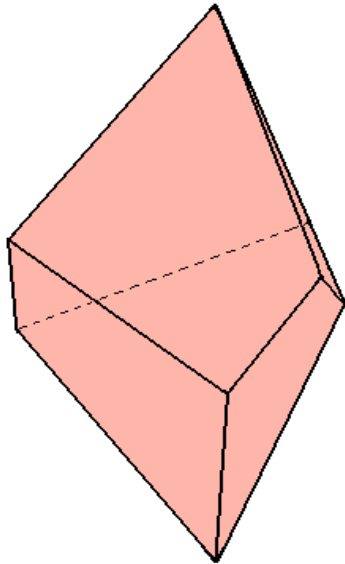


ΔΕΝ ΑΝΑΒΡΑΖΕΙ



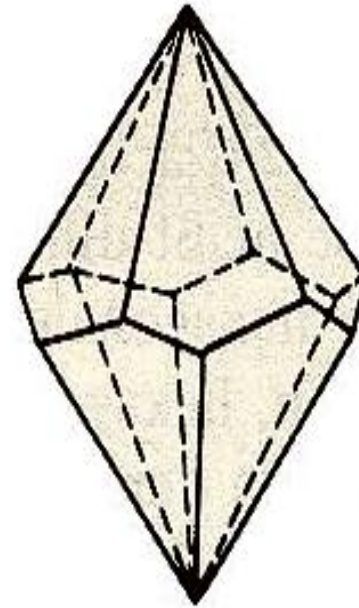
44

Χαλαζίας χαμηλής T
(low quartz)
α-Χαλαζίας
Κρυσταλλώνεται σε
T < 573 °C



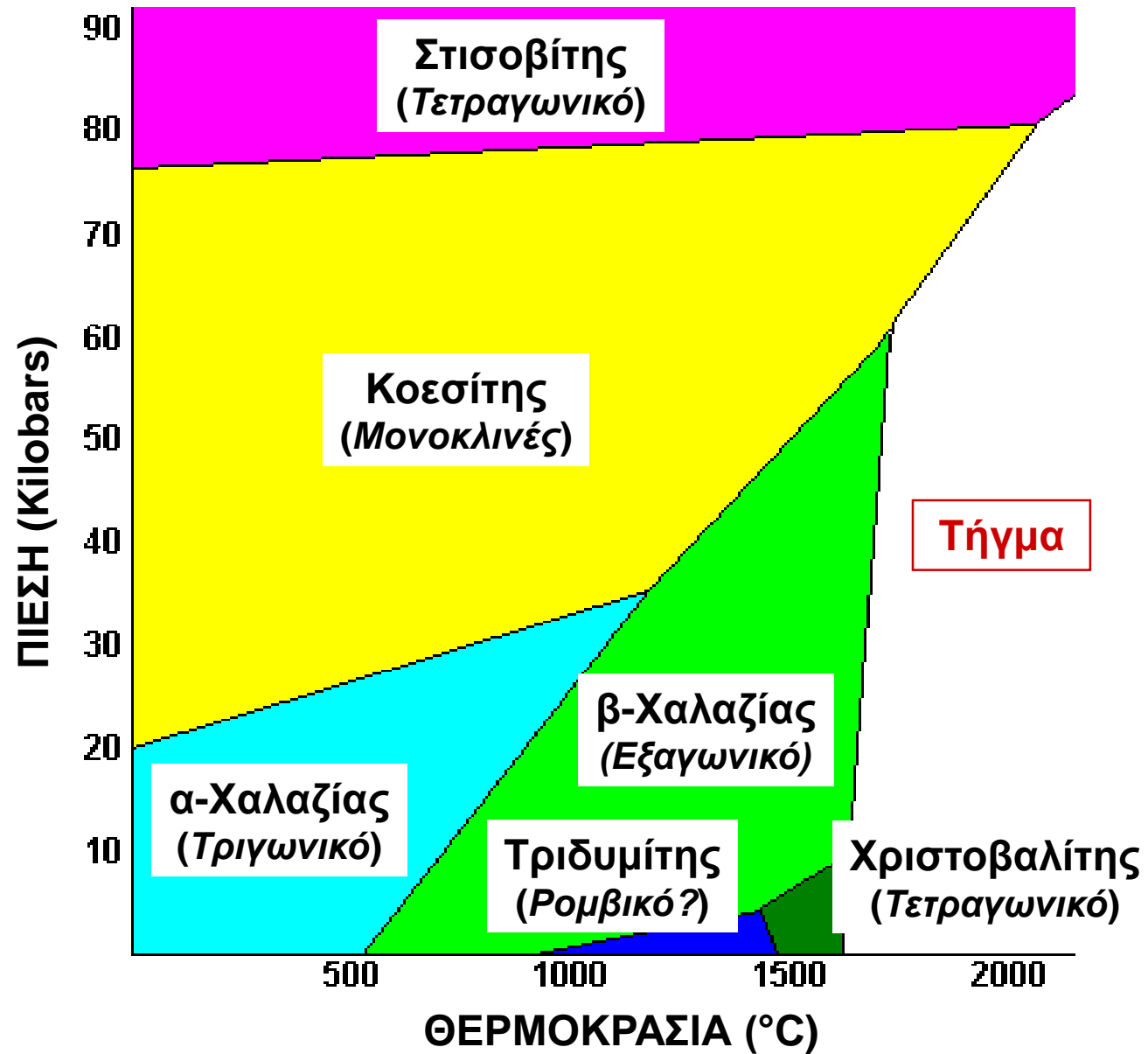
Τριγωνικό
Τραπεζόεδρο
L³ 3L² πολ.

Χαλαζίας υψηλής T
(high quartz)
β-Χαλαζίας
Κρυσταλλώνεται σε
T > 573 °C



Εξαγωνικό
Τραπεζόεδρο
L⁶ 3L² 3L'²

ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ SiO₂



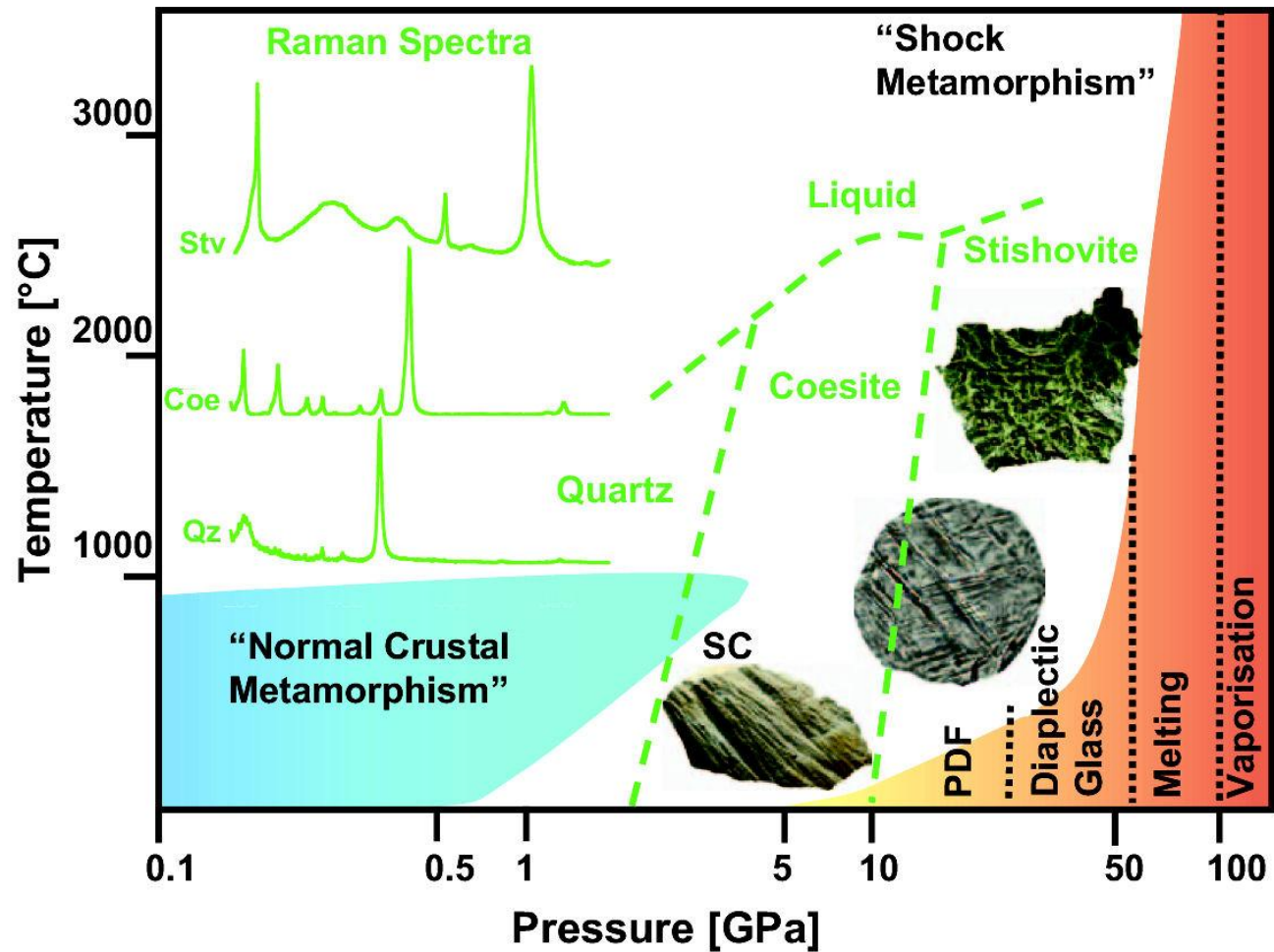


FIGURE 3 Pressure (P)–temperature (T) diagram, showing the different regimes for “normal” crustal metamorphism and shock metamorphism. Various P – T regions characterized by the development of specific shock-metamorphic effects are indicated. Also shown are the stability fields for quartz (Qz), coesite (Coe), and stishovite (Stv), typical Raman spectra for these minerals, and liquidi for the various SiO₂ polymorphs. SC = shatter cone; PDF = planar deformation feature. DIAGRAM BY JÖRG FRITZ, MUSEUM FÜR NATURKUNDE BERLIN

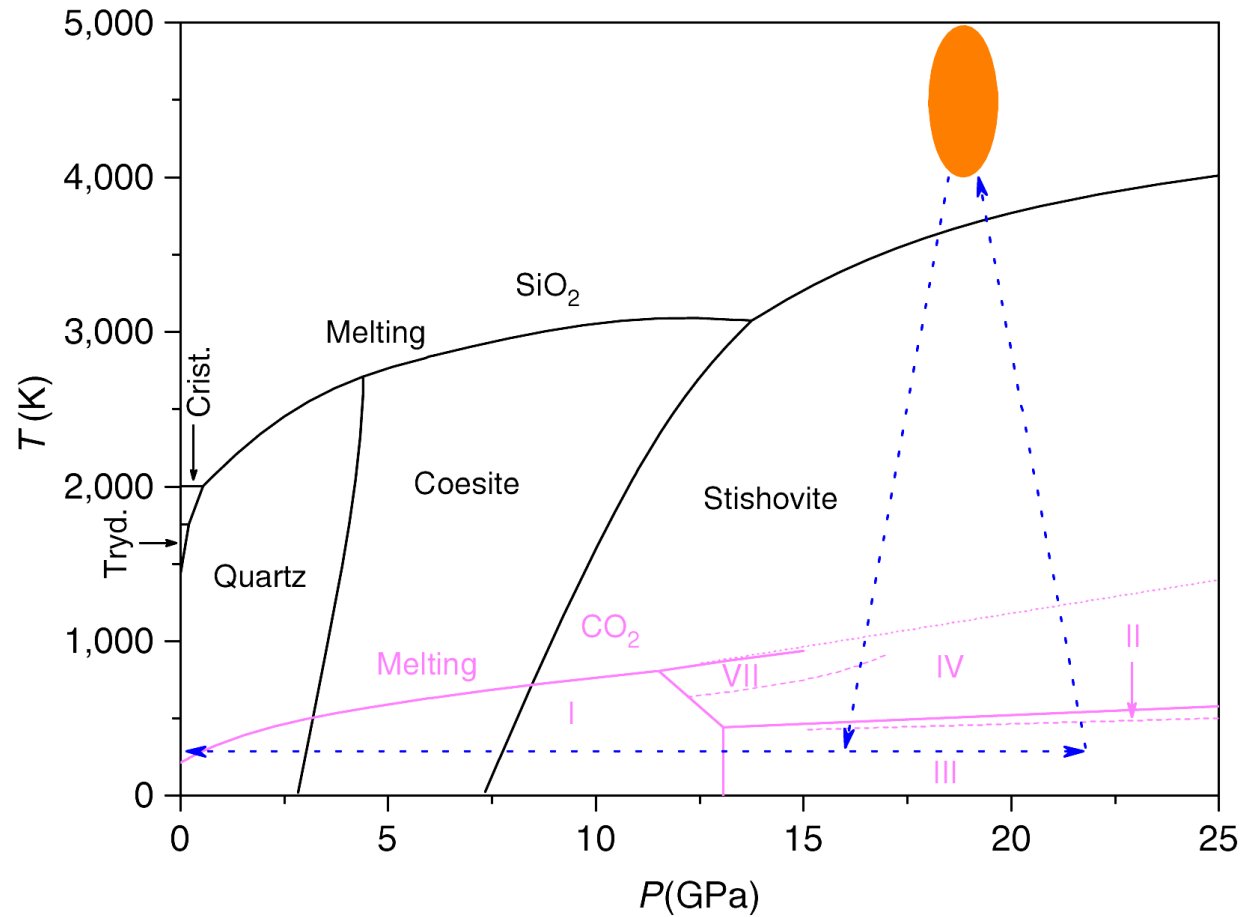
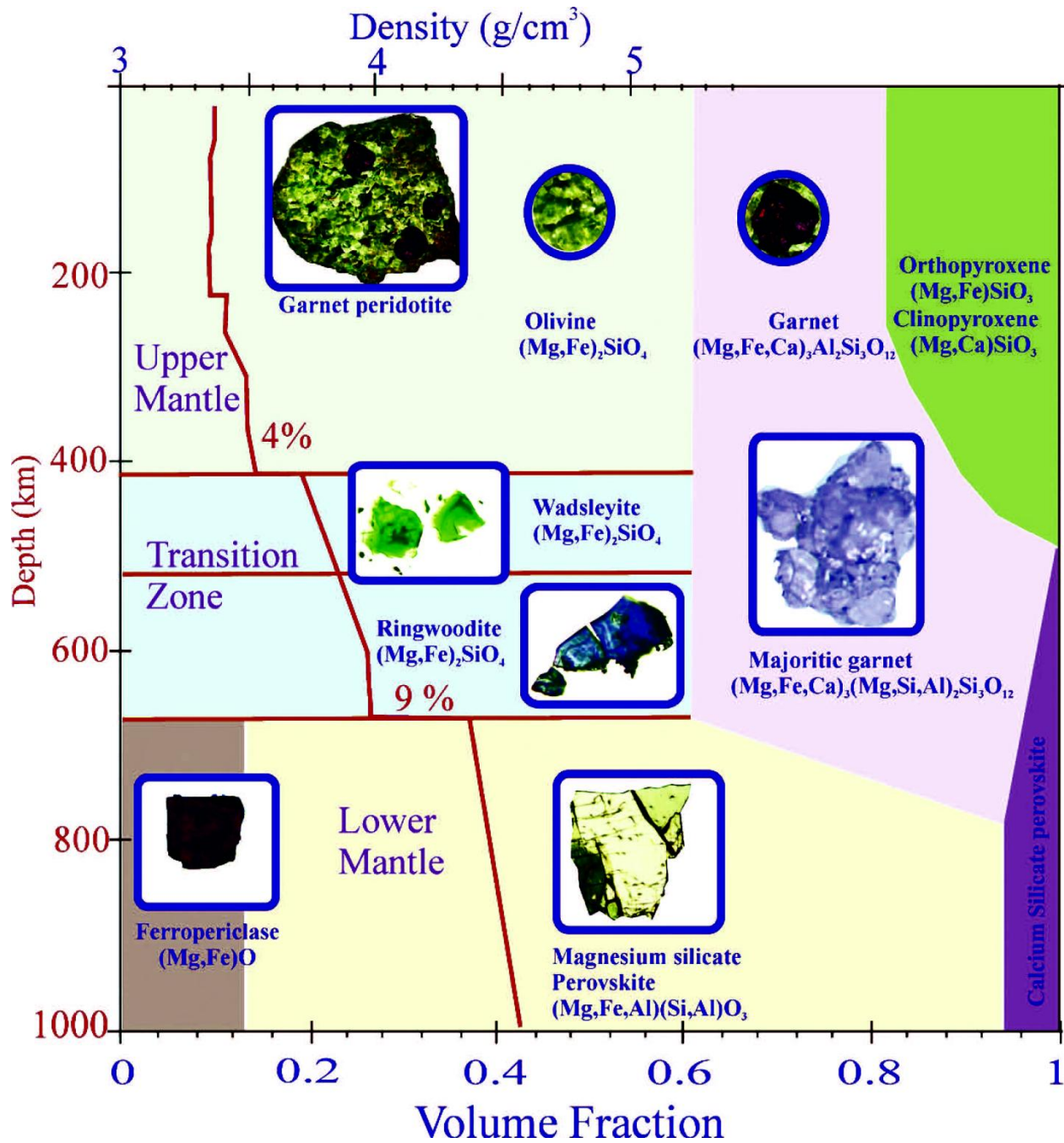


Figure 1 | Pure SiO₂ and CO₂ phase diagrams and P-T path. Black lines: SiO₂ phase boundaries¹⁷. Light magenta, continuous and dotted lines: CO₂ phase boundaries; light magenta, dashed lines: kinetic boundaries for CO₂^{11,18-20}. Blue dashed arrows and orange ellipse: P-T path followed in this study. All five solid phases of CO₂ shown are molecular crystals. Non-molecular CO₂ phases are formed above 25–30 GPa. Crist, cristobalite; Tryd, trydimite.





Μπριντγκμανίτης (bridgmanite- MgSiO_3)

6 JUNE 2014

Earth's most abundant mineral finally gets a name

Posted by [nbompey](#)

By **JoAnna Wendel**

The mineral said to be the most abundant of our planet, but found so deep within Earth's interior that scientists usually cannot observe it directly, now has a name.

On June 2, bridgmanite was approved as the formal name for one of the Earth's most plentiful yet elusive minerals known to exist in the Earth's lower mantle. Bridgmanite, which was formerly known simply as silicate-perovskite, is named after the 1946 Nobel Prize winning physicist [Percy Bridgman](#).

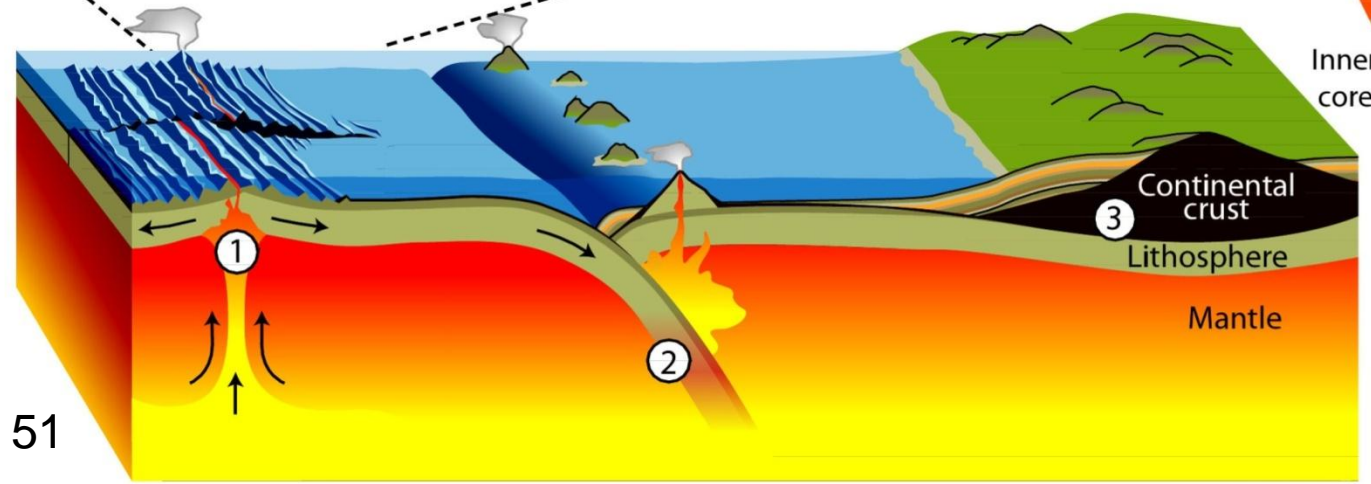
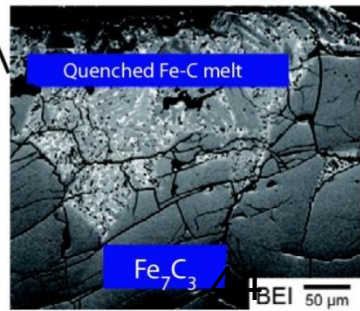
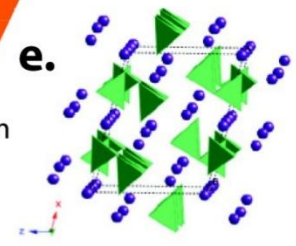
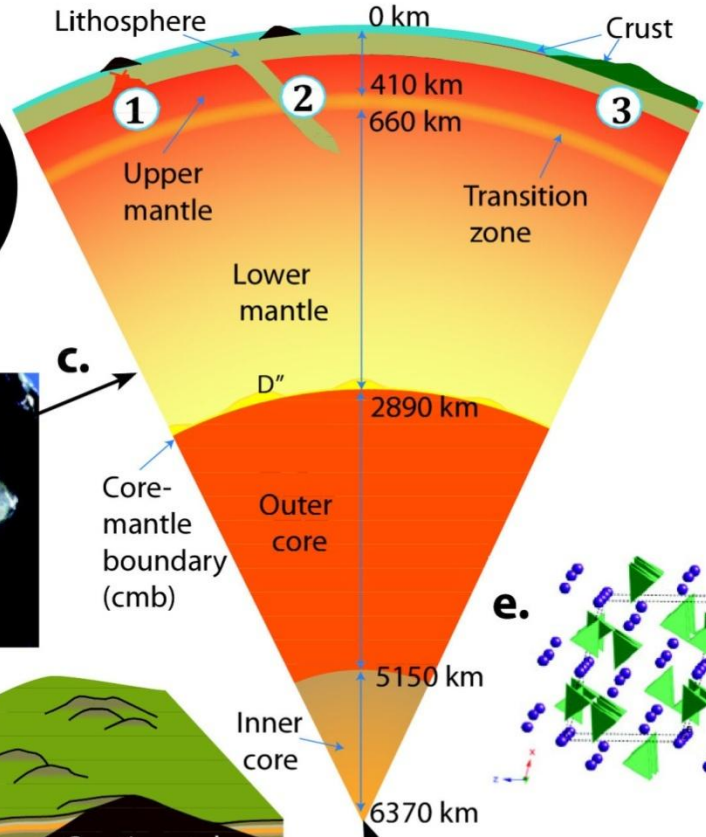
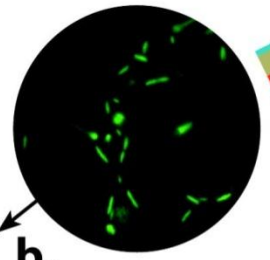
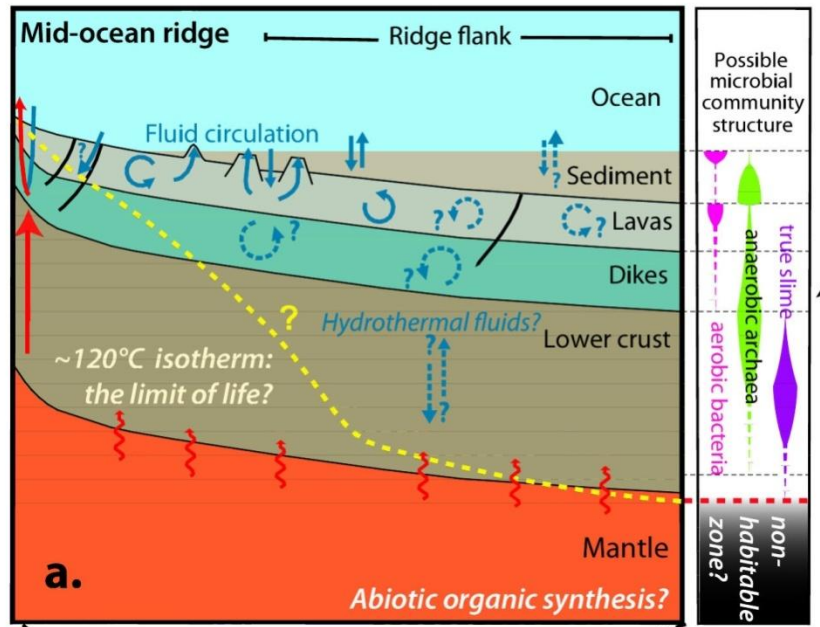
Scientists have known for decades that bridgmanite existed in the Earth's interior, but had been unable to successfully characterize a naturally occurring sample until this year.

"This [find] fills a vexing gap in the taxonomy of minerals," Oliver Tschauner, an associate research professor at the University of Nevada-Las Vegas who characterized the mineral, said in an email.



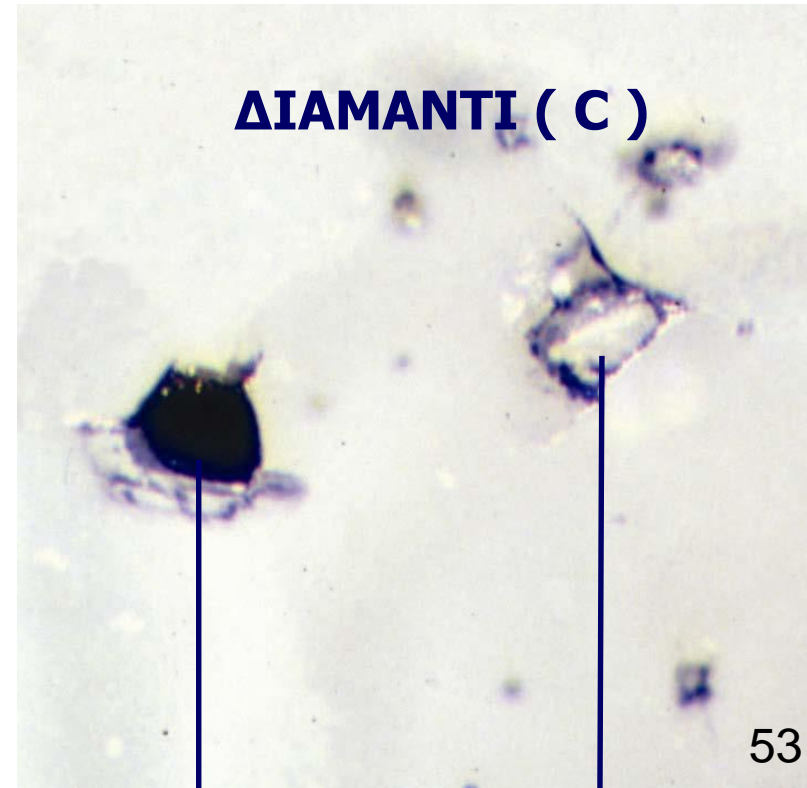
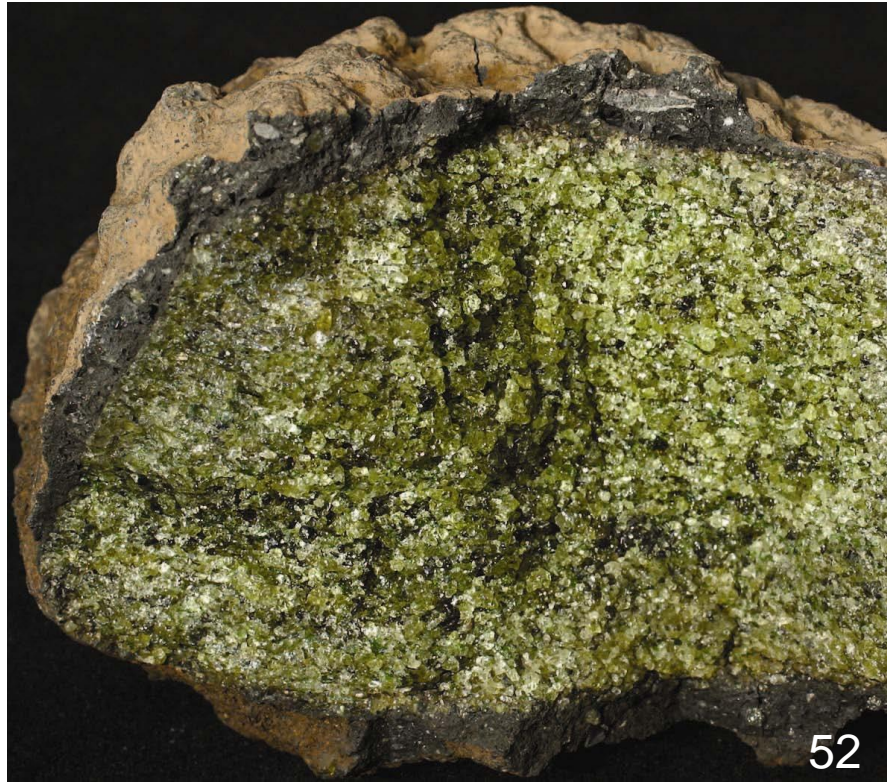
Tschauner, along with Chi Ma, a senior scientist and mineralogist at the California Institute of Technology in Pasadena, Calif., have been working to chemically and structurally characterize natural silicate-perovskite (MgSiO_3) since 2009.

Ο άνθρακας στο εσωτερικό της Γής



51

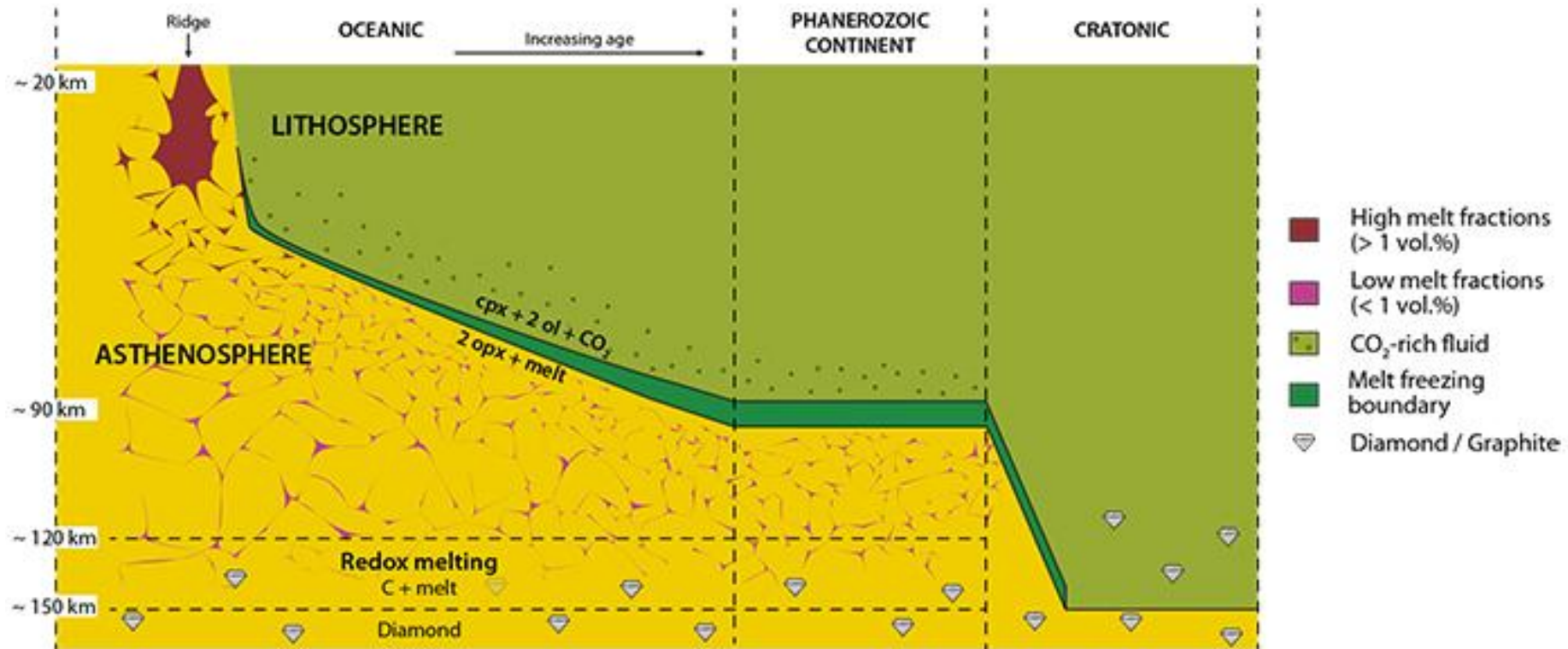
Not to scale

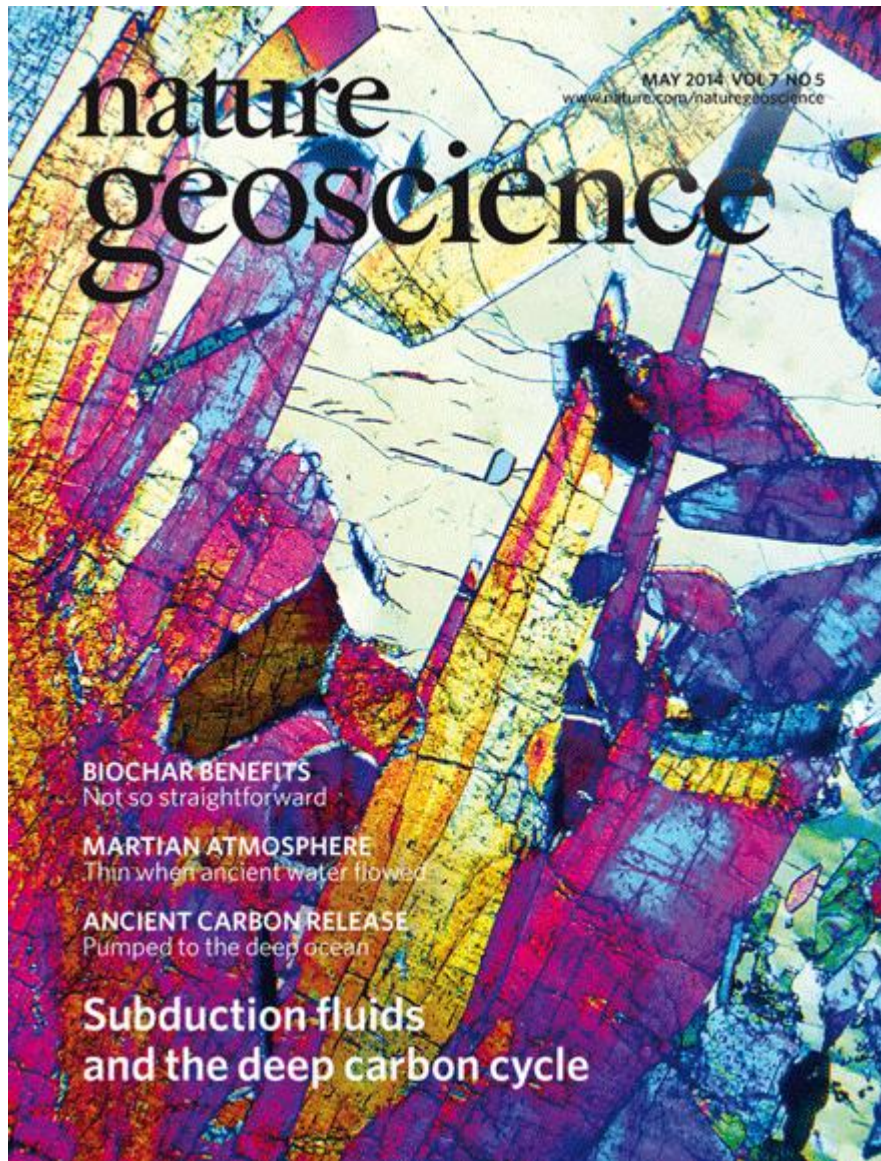


Fe-ΠΕΡΙΚΛΑΣΤΟ
(Mg,Fe)O

Πυρόξενος
από μετασχηματισμό
ΠΕΡΟΒΣΚΙΤΗ
(MgSiO₃)

Mantle Carbon Content Influences Plate Tectonics





NATURE GEOSCIENCE | LETTER

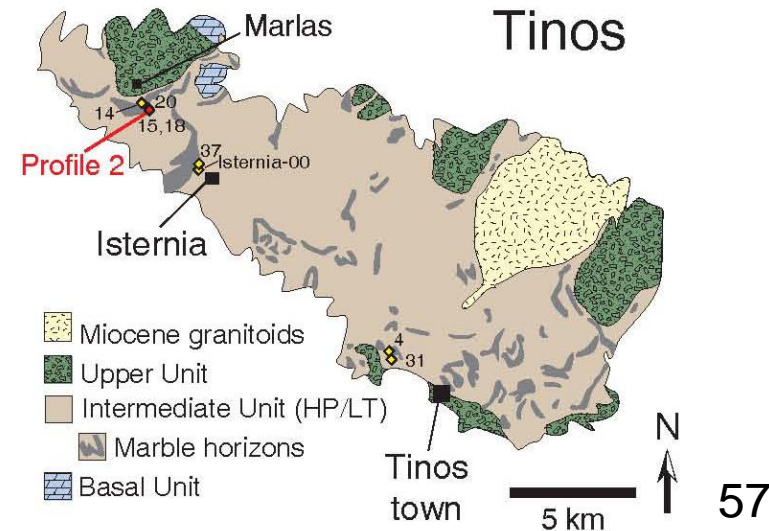
Carbon dioxide released from subduction zones by fluid-mediated reactions

Jay J. Ague & Stefan Nicolescu

Affiliations | Contributions | Corresponding author

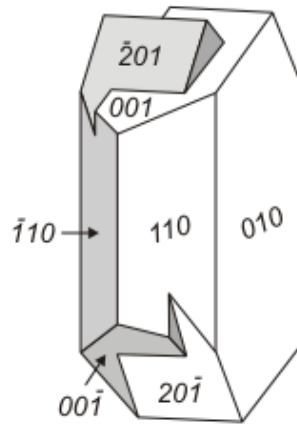
Nature Geoscience 7, 355–360 (2014) | doi:10.1038/ngeo2143

Received 19 September 2013 | Accepted 17 March 2014 | Published online 20 April 2014

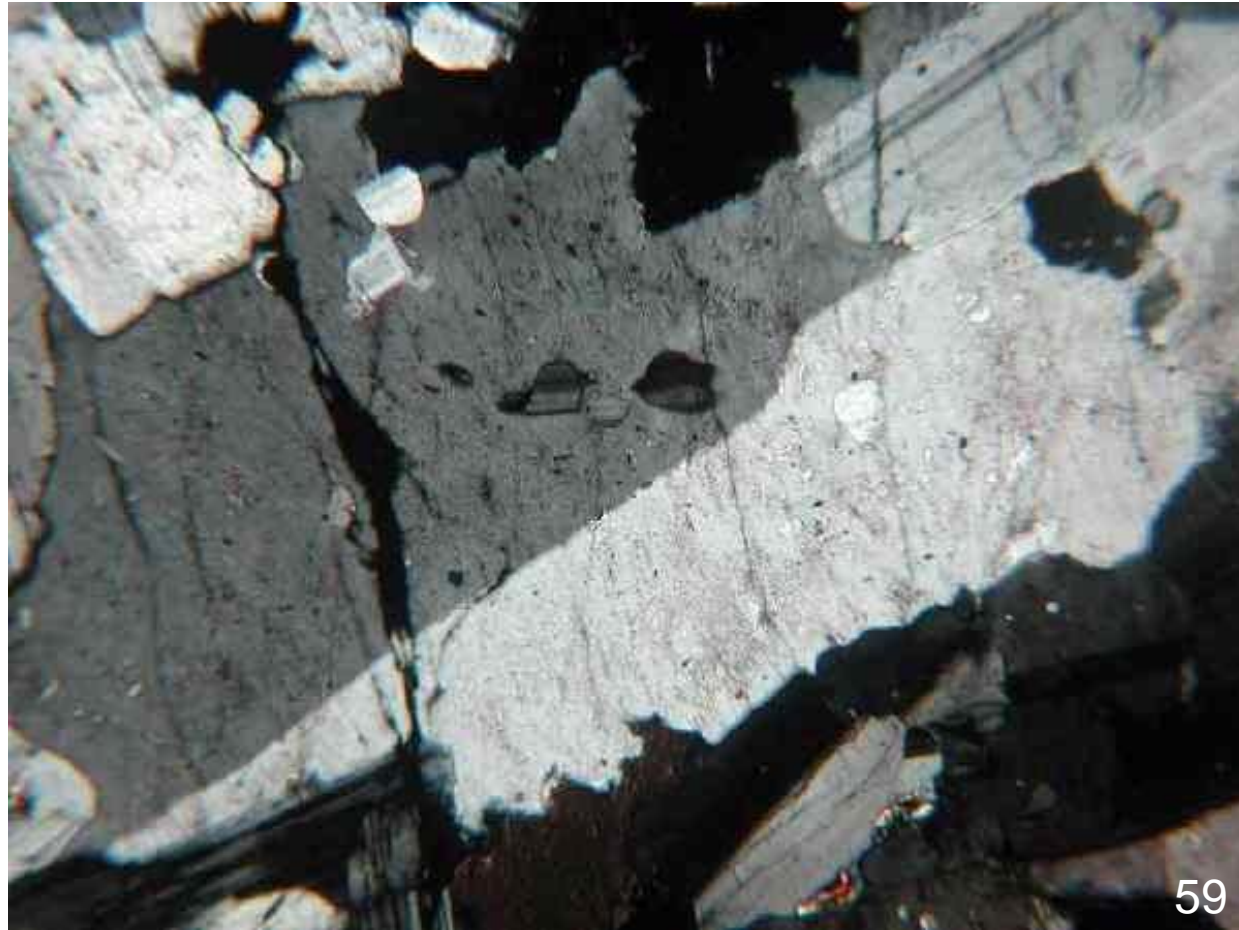


Κρύσταλλοι επιδότου στα πετρώματα της Τήνου
Crystals of epidote from a quartz vein on Tinos island, Greece

ΑΣΤΡΙΟΙ

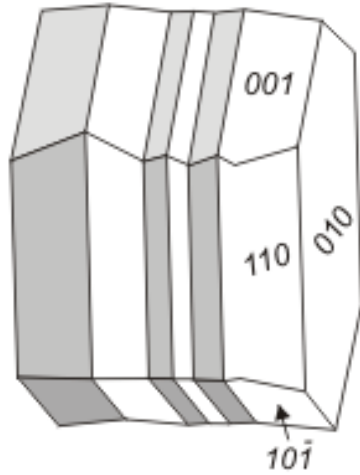


58



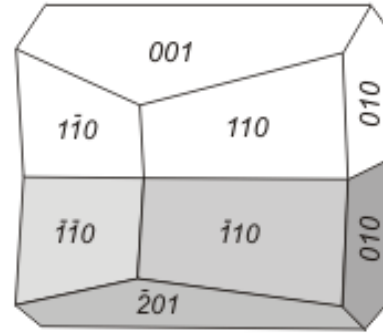
59





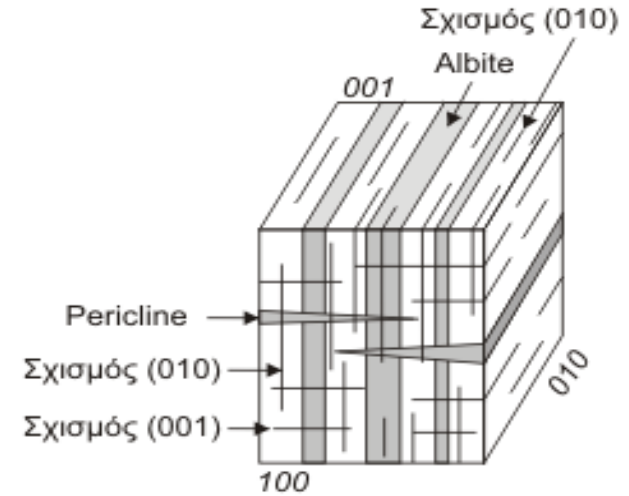
Albite

Επίπεδο διδυμίας (010)
 Άξονας διδυμίας \perp (010)

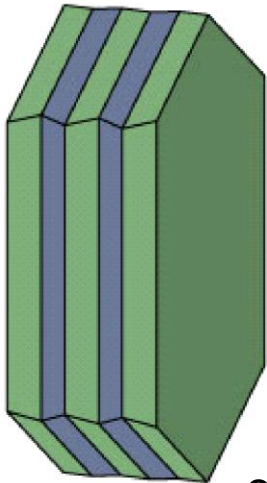


Pericline

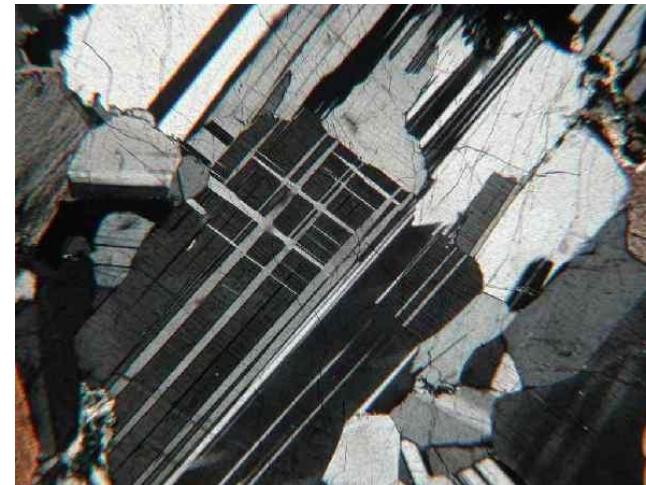
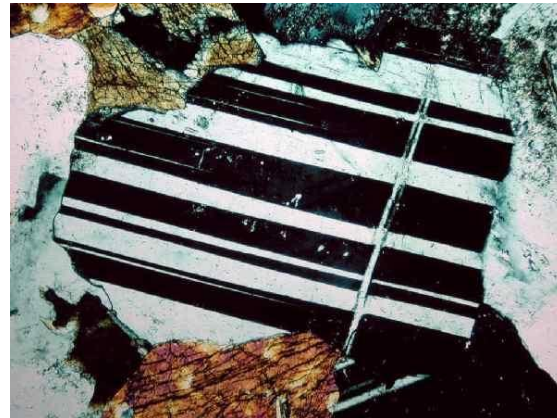
Επίπεδο διδυμίας (h0l)
 Άξονας διδυμίας [010]



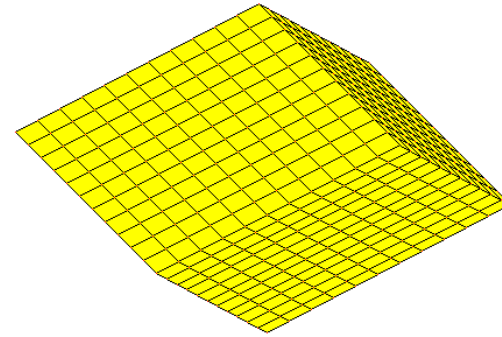
61



62

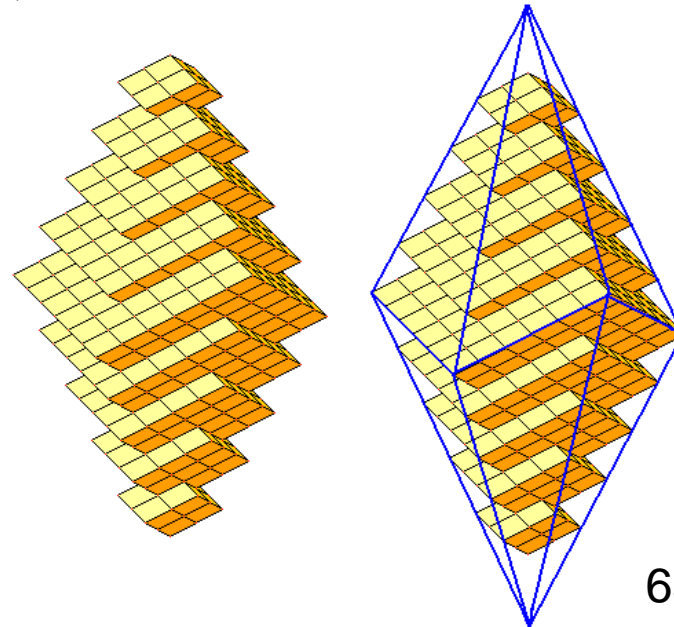


63



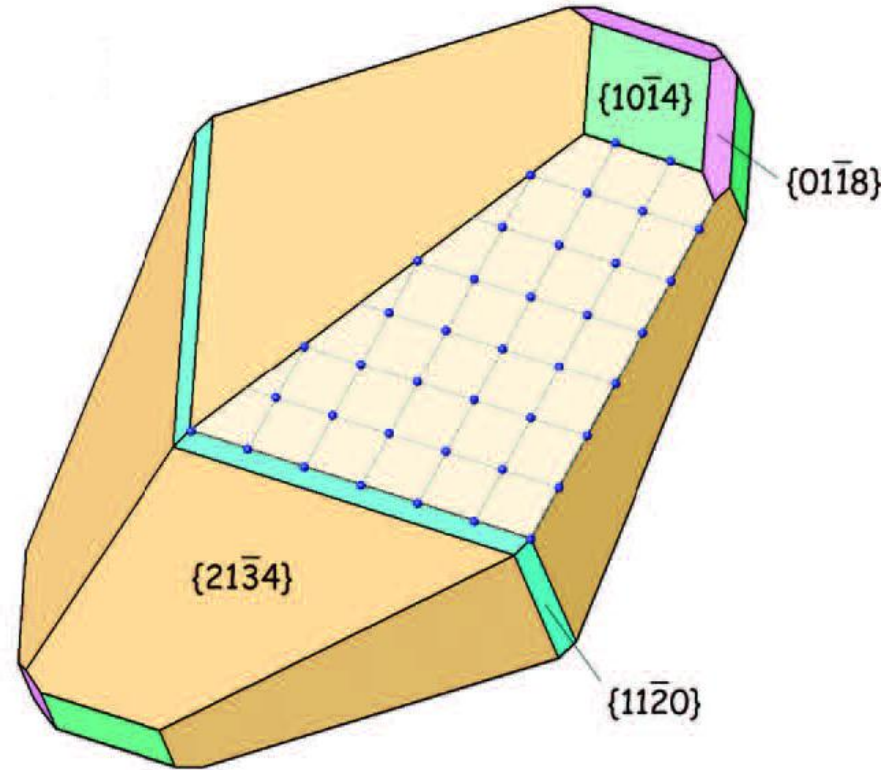
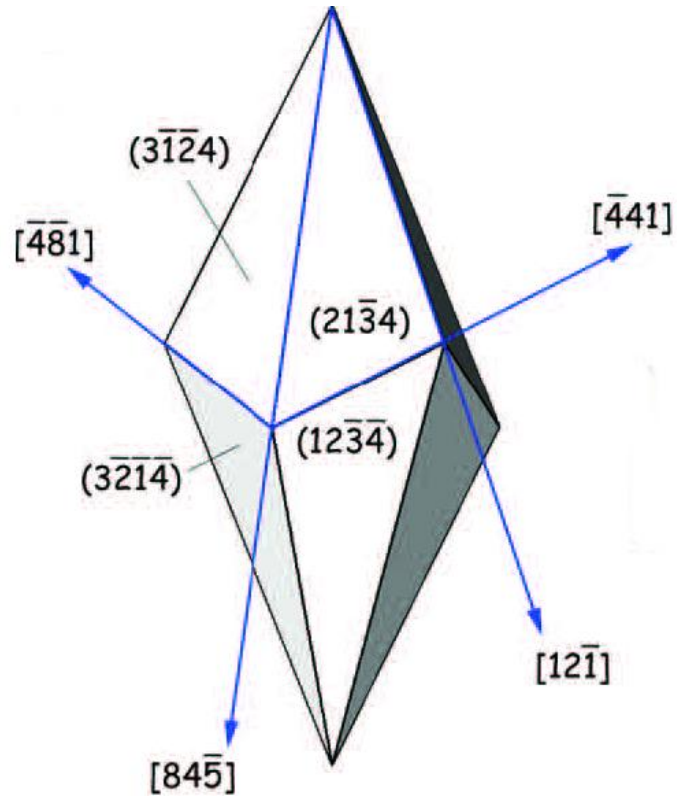
64

ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ : CaCO_3



65

Σκαληνόεδρο (scalenohedron) ασβεσίτη





Ασβεστόλιθοι - Μάρμαρα





68

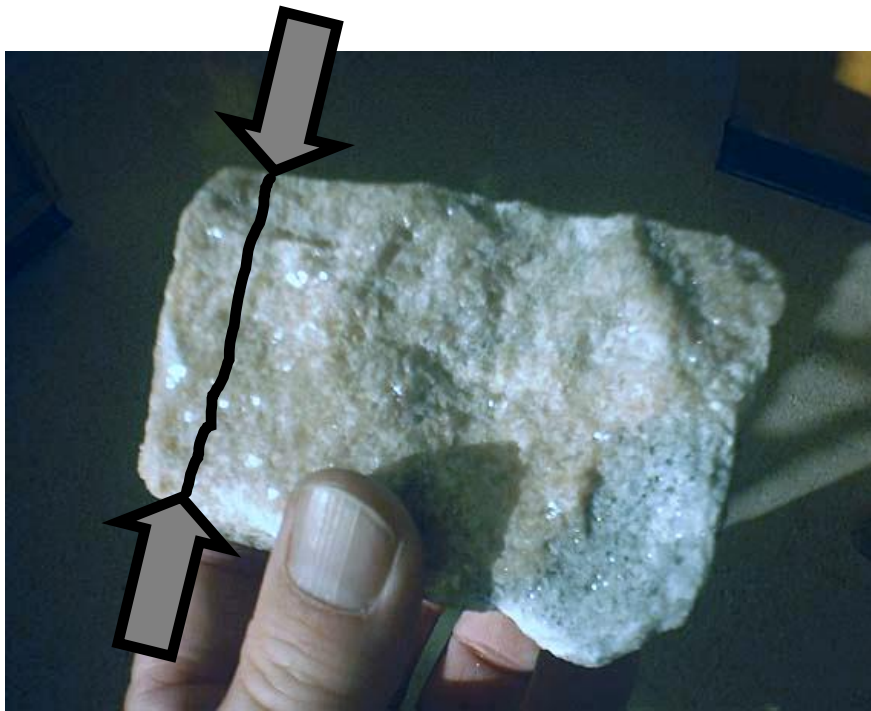
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (Mohs) = 3



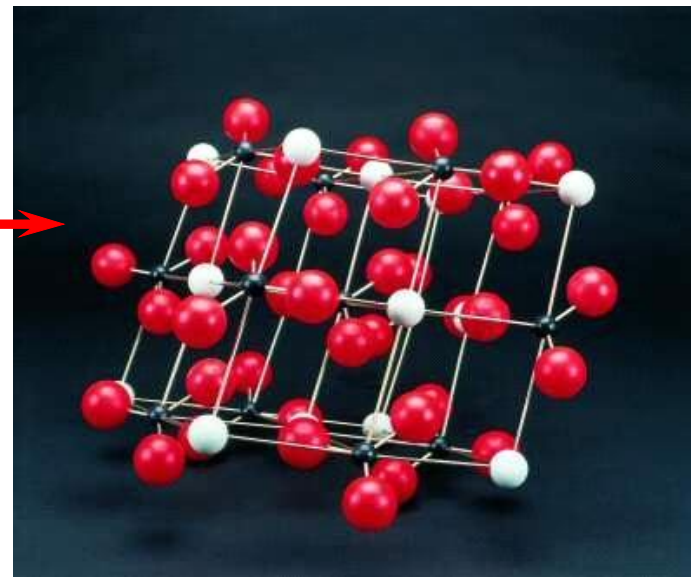
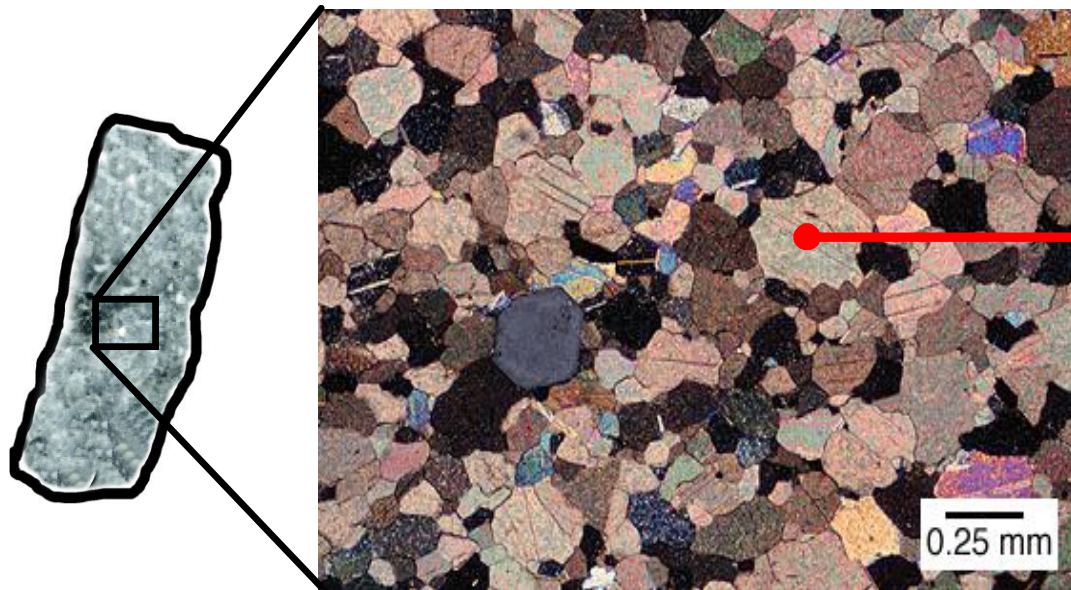
ΑΝΑΒΡΑΖΕΙ



69

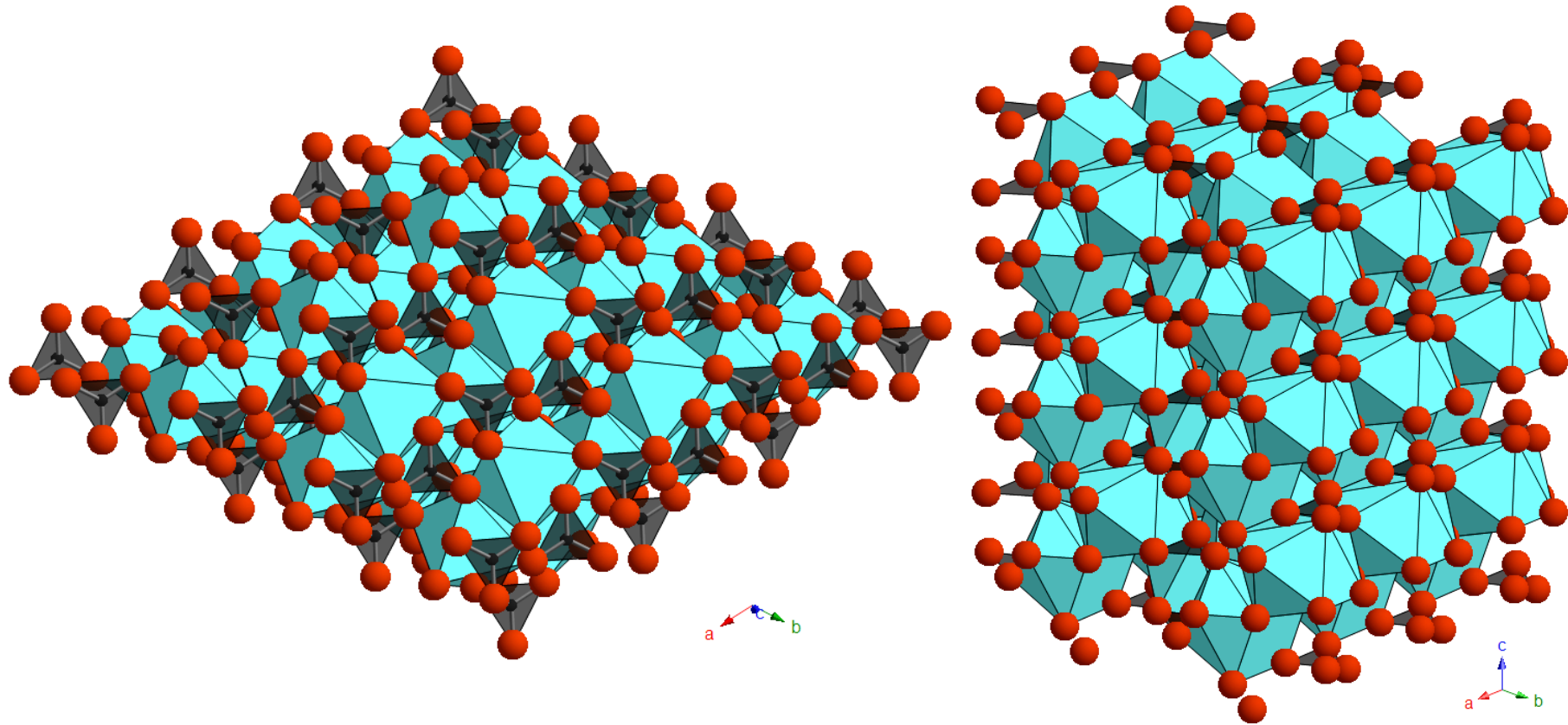


70



ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΣ (Polymorphism)

ΚΥΡΙΑ ΠΟΛΥΜΟΡΦΑ ΤΟΥ CaCO_3



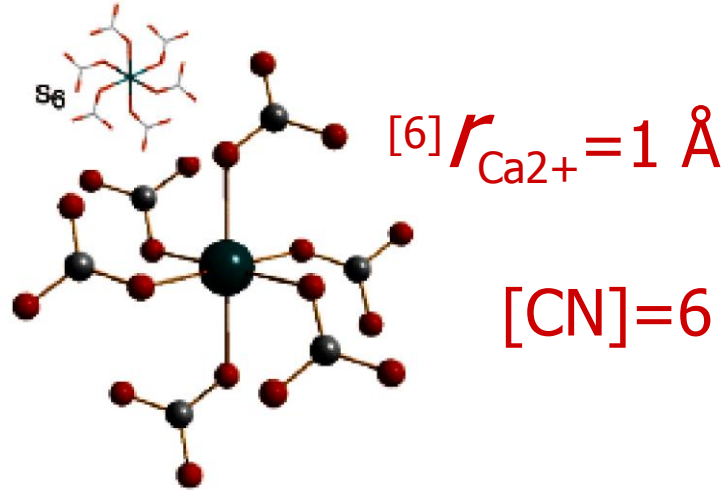
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (CaCO_3)

ΑΡΑΓΟΝΙΤΗΣ (CaCO_3)

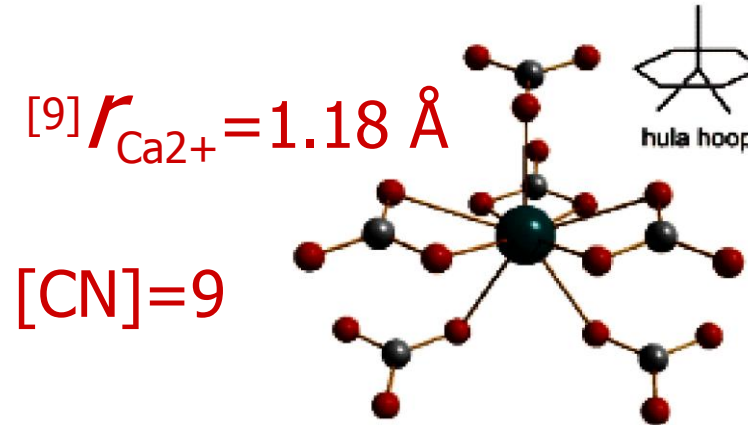
ΠΟΛΥΜΟΡΦΑ ΤΟΥ CaCO_3 ΣΤΗ ΦΥΣΗ

- **ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (CaCO_3) – Τριγωνικό**
- **ΑΡΑΓΟΝΙΤΗΣ (CaCO_3) – Ρομβικό**
- **ΒΑΤΕΡΙΤΗΣ (CaCO_3) – Εξαγωνικό**
- **Μονοϋδροασβεστίτης ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) – Τριγωνικό**
- **Ικαϊτης ($\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) – Μονοκλινές**
- **Αμορφο CaCO_3**

ΔΟΜΗ ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ

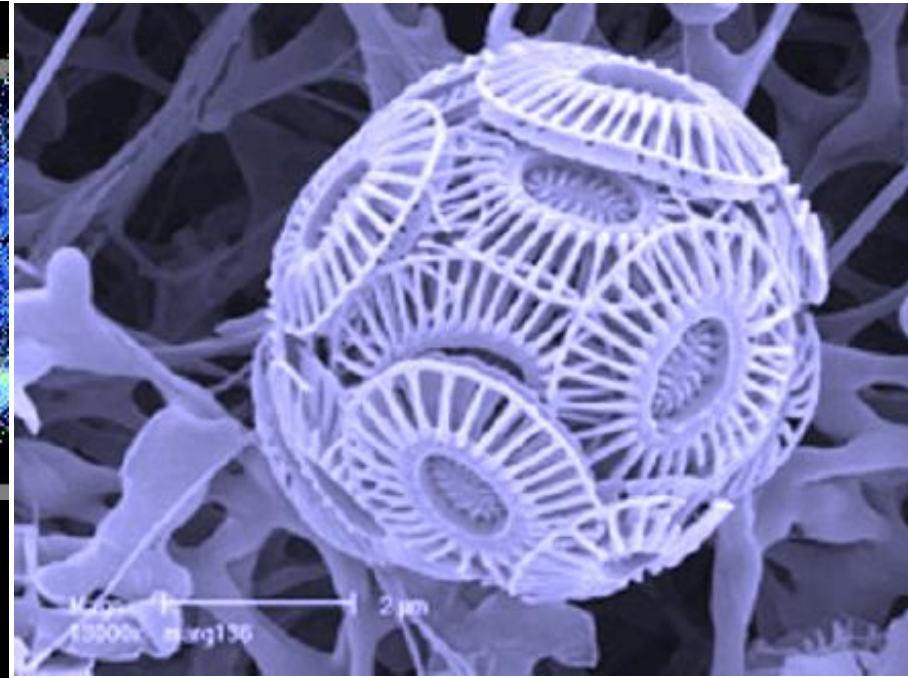
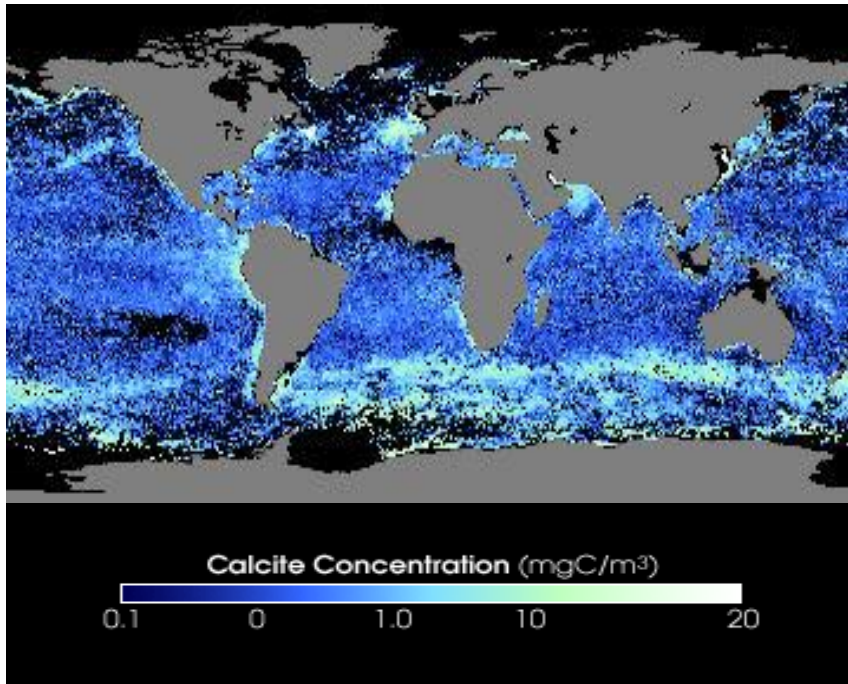


ΔΟΜΗ ΑΡΑΓΟΝΙΤΗ

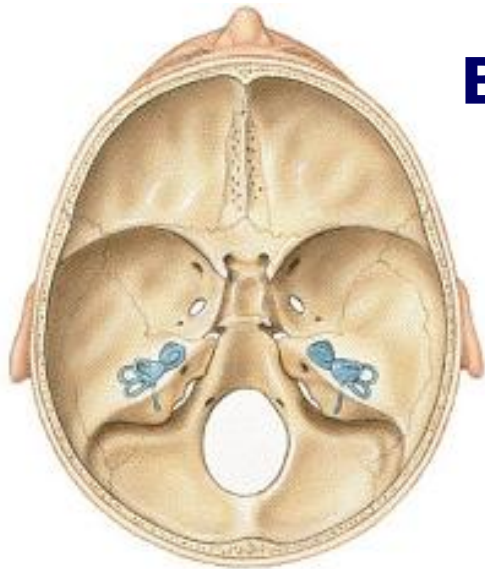


72

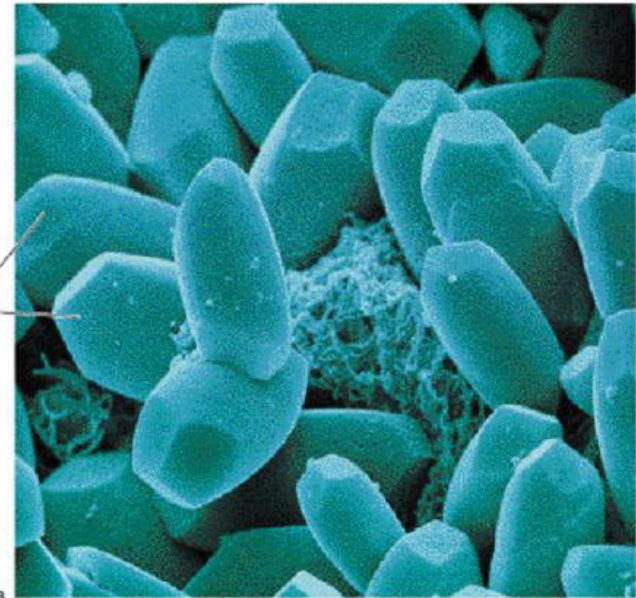
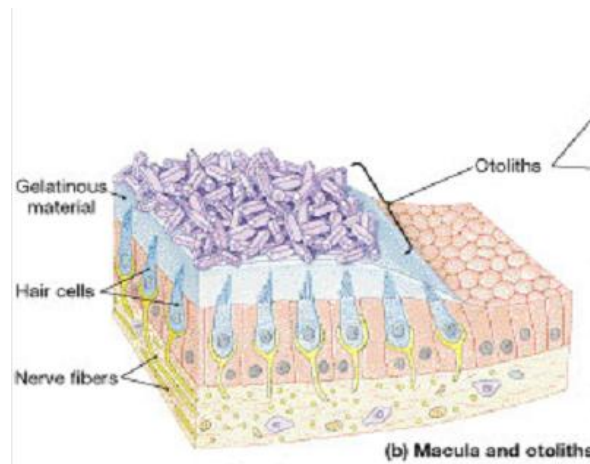
ION	Σθένος (V)	Ηλ. Διαμόρφωση	[CN]	«Κρυσταλλική» Ακτίνα	Ιοντική ακτίνα (r)	V/r
Ca ²⁺	2	3p ⁶	6	1.14	1.00	2.00
Ca ²⁺	2	3p ⁶	7	1.20	1.06	1.89
Ca ²⁺	2	3p ⁶	8	1.26	1.12	1.79
Ca ²⁺	2	3p ⁶	9	1.32	1.18	1.69
Ca ²⁺	2	3p ⁶	10	1.37	1.23	1.63
Ca ²⁺	2	3p ⁶	12	1.40	1.34	1.49



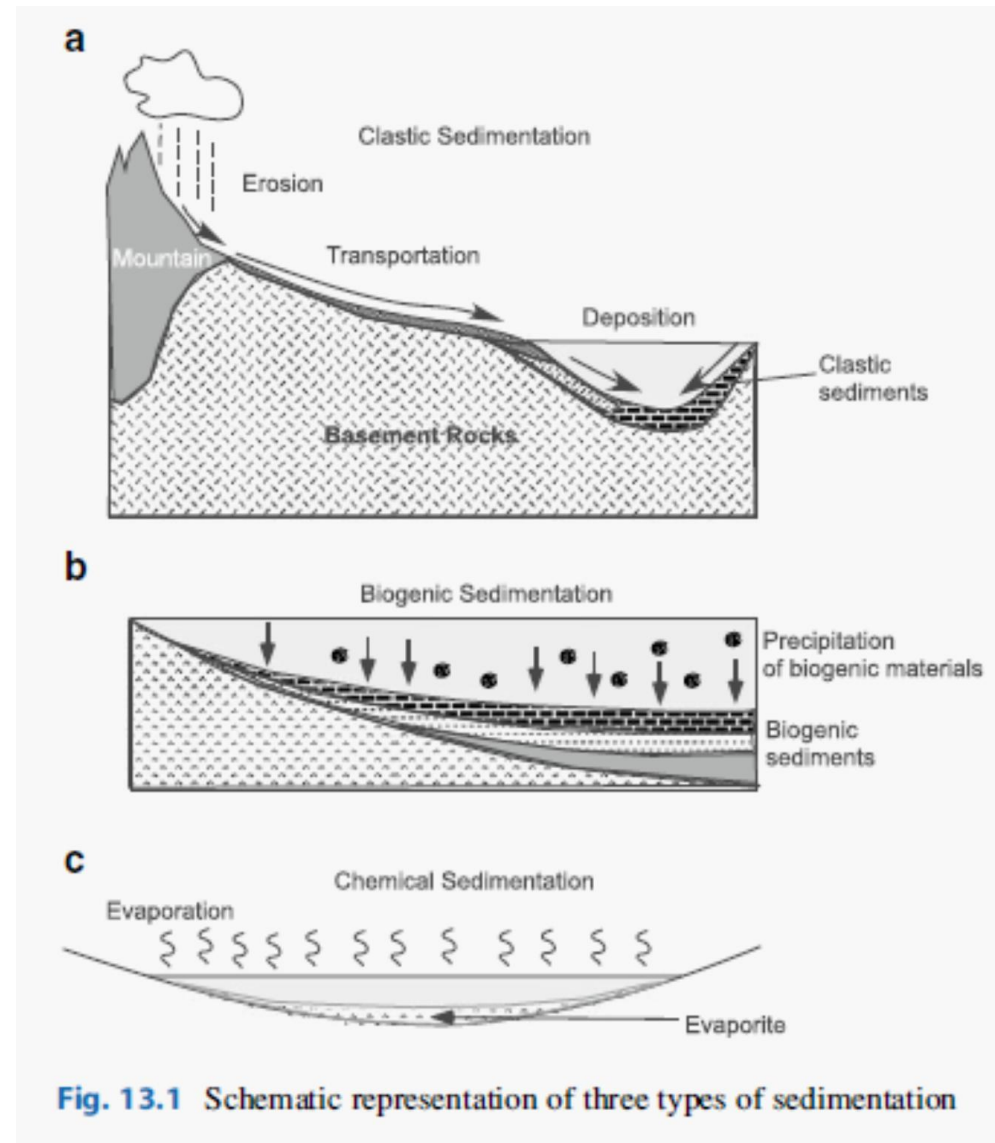
73



ΒΙΟ-ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ



(b) Macula and otoliths



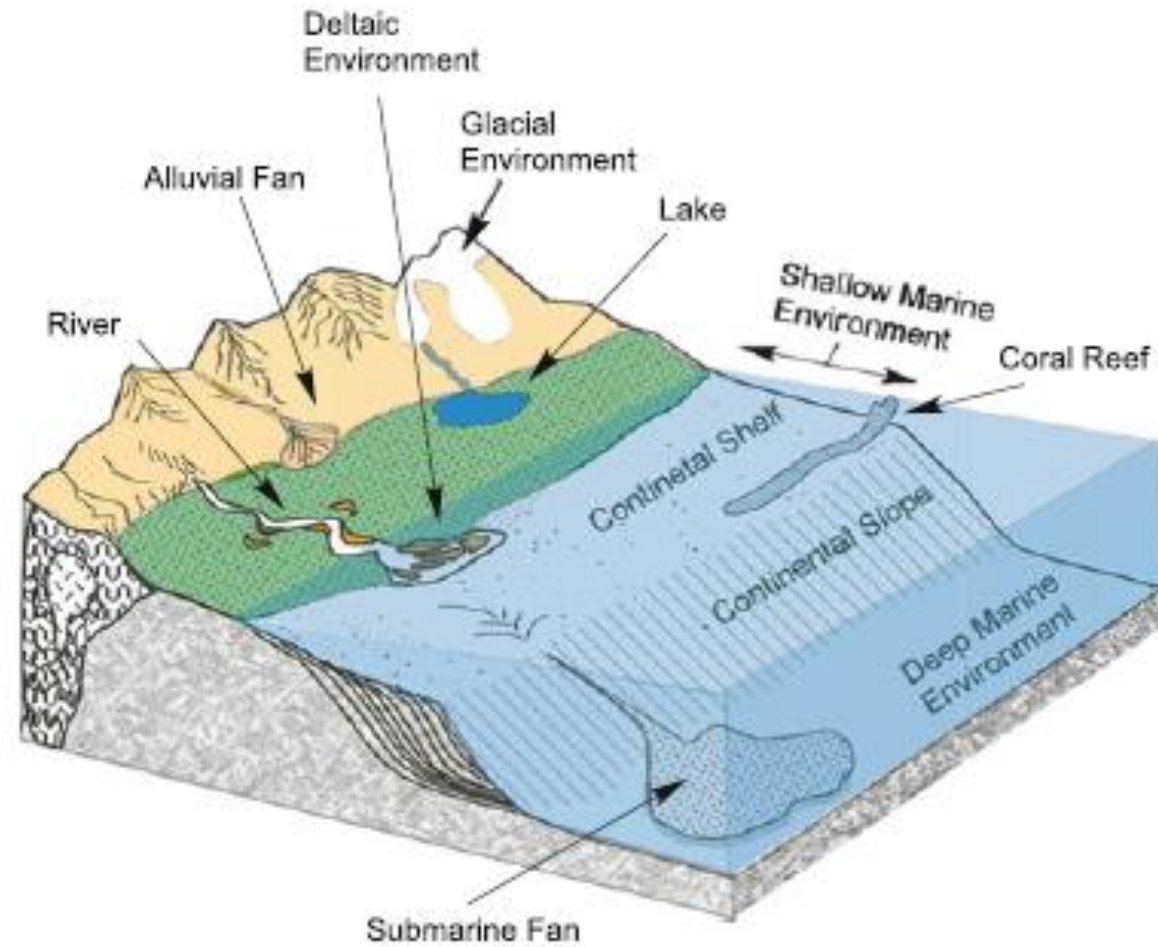
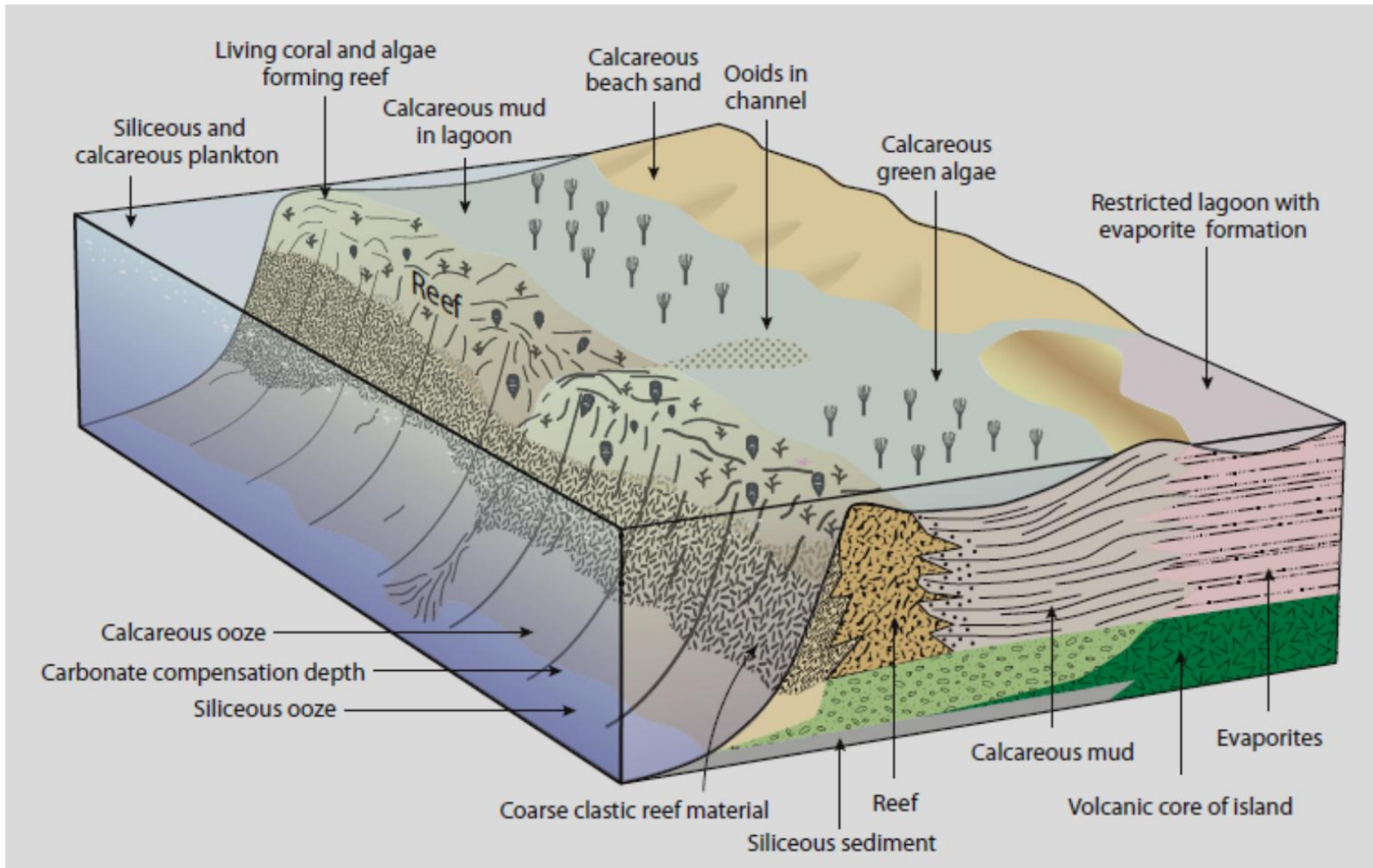
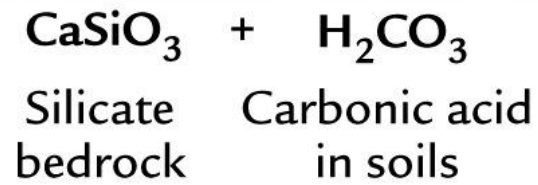
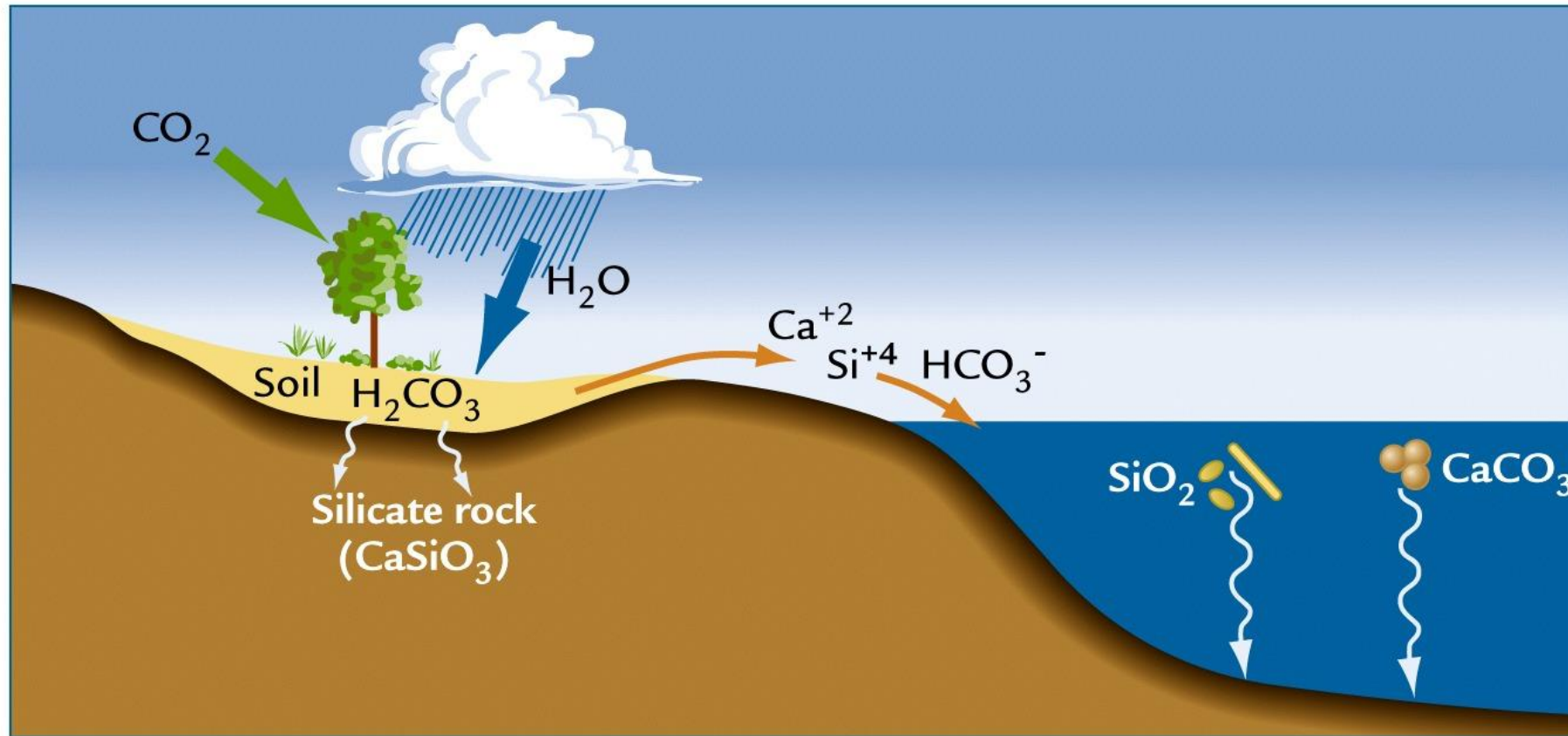
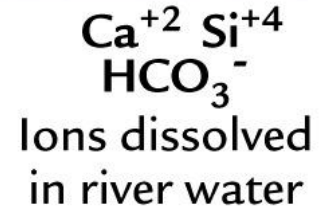


Fig. 13.18 A schematic diagram showing various continental, transitional, and marine environments of deposition

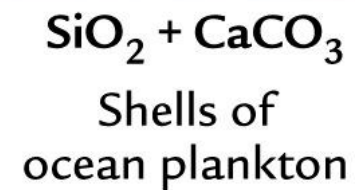




Weathering
 on land



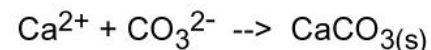
Transport
 in rivers



Deposition
 in ocean

Reactions for the precipitation of CaCO₃

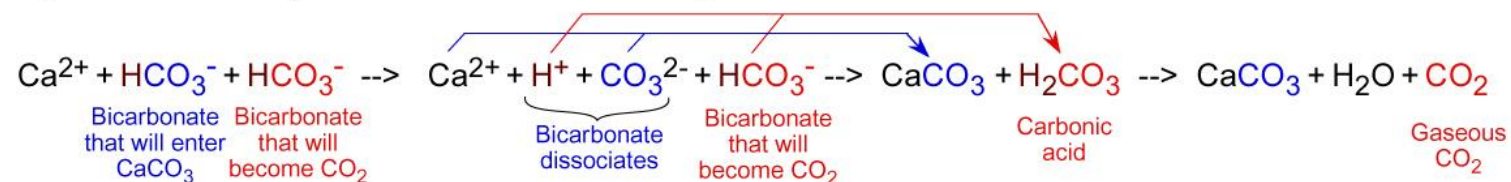
The ultimate fundamental chemical expression of the precipitation of CaCO₃ is this reaction:



However, the most abundant form of inorganic carbon in most natural waters is HCO₃⁻ rather than CO₃²⁻. Thus, to understand natural processes, the better chemical expression for the precipitation of CaCO₃ is this reaction:



One should realize the two bicarbonate ions have very different fates. One goes into the CaCO₃ and the other is liberated as CO₂:

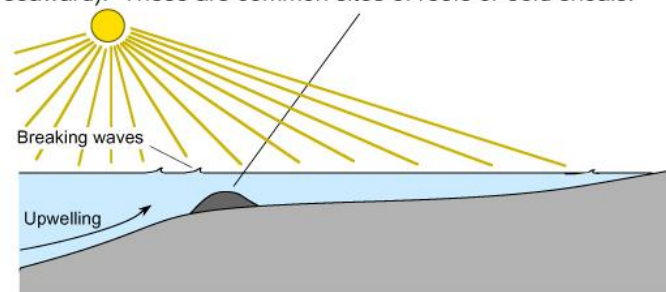


The reaction in bold letters shows that any natural process removing CO₂ from a solution favors precipitation of CaCO₃.

That helps explain why CaCO₃ precipitates when

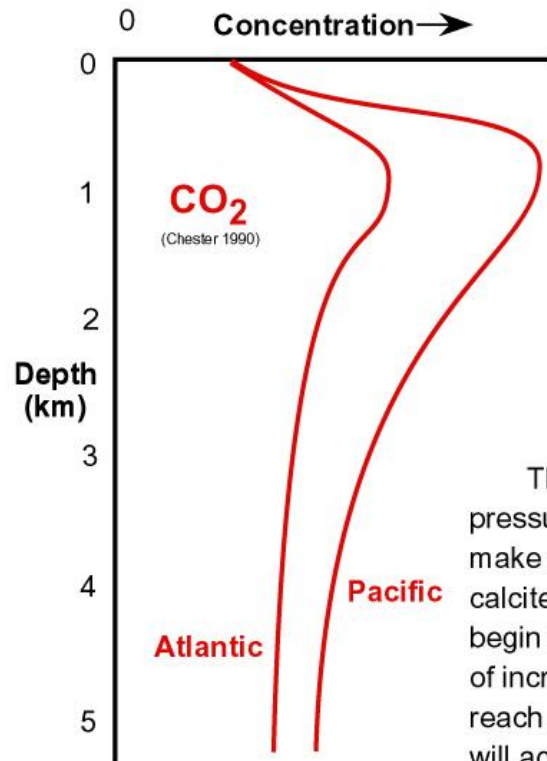
1. CO₂ degasses from dripwaters in caves,
2. CO₂ degasses from springs at which travertine forms,
3. CO₂ degasses at travertine dams,
4. CO₂ degasses with warming of seawater,
5. CO₂ degasses with agitation of seawater by waves,
6. CO₂ degasses with upwelling of seawater,
7. CO₂ is removed from water by photosynthesis.

In marine precipitation of CaCO₃, Processes 4 to 7 can all occur at shelf breaks (changes in slope from shallower landward to deeper seaward). These are common sites of reefs or ooid shoals.

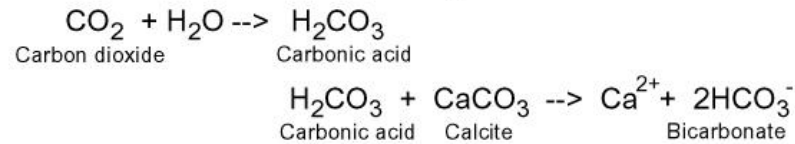


There is a corresponding page titled "Reactions for the dissolution of CaCO₃".

Variation in concentration of solutes in the oceans IIIa: carbon dioxide and the carbonate compensation depth (CCD)



In the deeper reaches of the ocean, CaCO₃ is more prone to dissolve for three reasons:
 a) lower temperature (K_{sp} for both calcite and aragonite increases with decreasing T)¹
 b) greater pressure (K_{sp} for both calcite and aragonite increases with increasing P)²
 c) acidity resulting from the presence of CO₂, as suggested by these reactions:



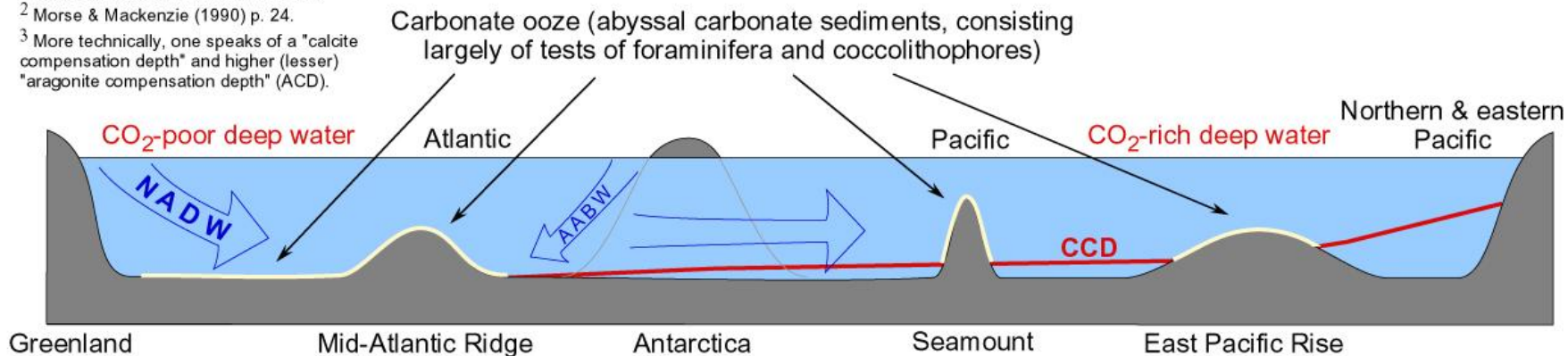
As discussed in Part III of this series, concentrations of CO₂ in abyssal waters are greater than those in surface waters because oxidation of sinking organic particles produces CO₂.

Thus at depth in the ocean, temperature, pressure and acidity commonly combine to make seawater undersaturated with respect to calcite. Calcite particles sinking past this depth begin to dissolve in a lysocline (the depth zone of increasing dissolution rate) and eventually reach a depth at which no carbonate sediment will accumulate on the seafloor. This depth is

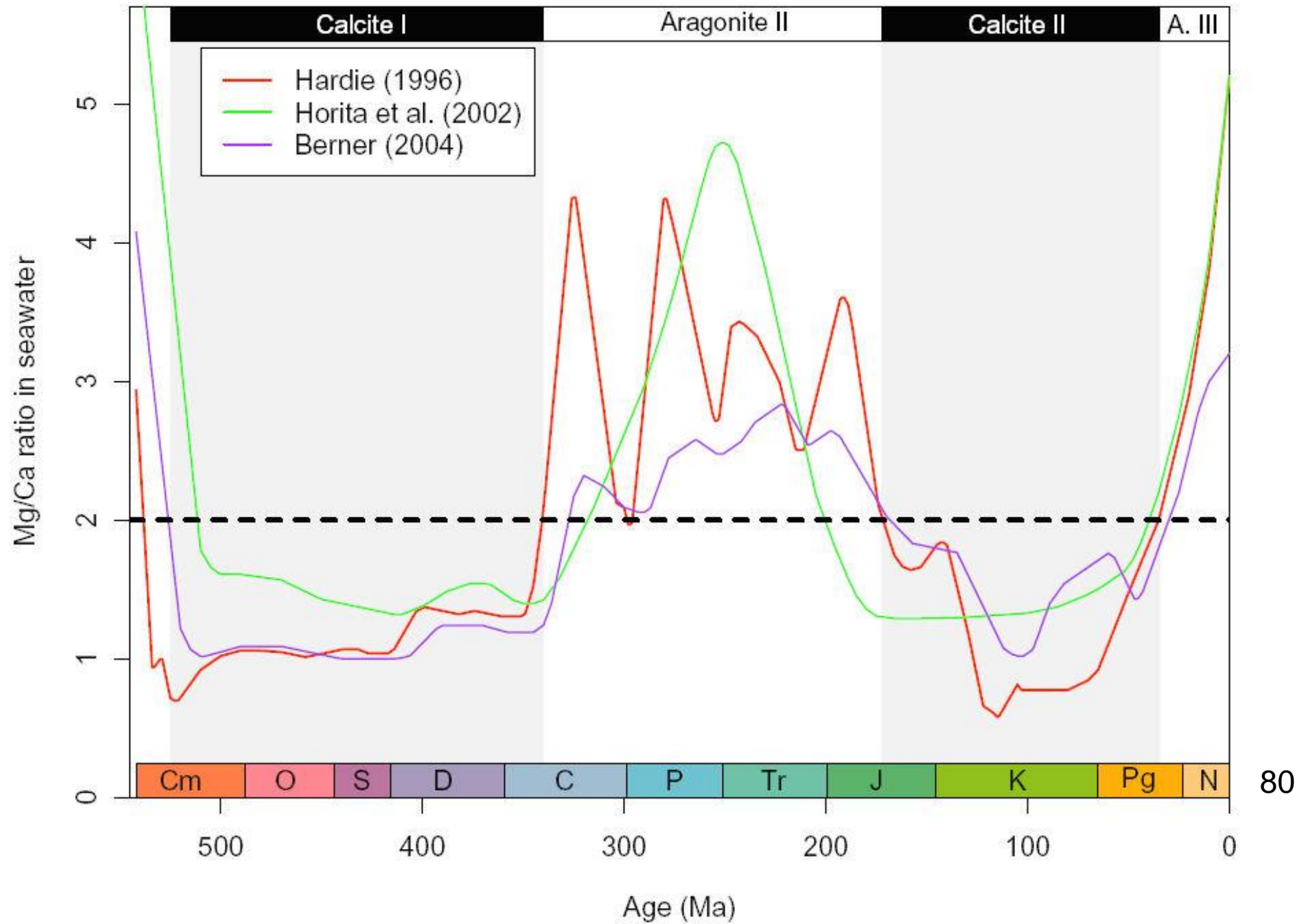
the **carbonate compensation depth (CCD)**,³ which is thus named because it is the depth at which the rate of dissolution of CaCO₃ equals ("compensates for") the rate of CaCO₃ sedimentation. Thus seafloor deeper than the CCD will be devoid of carbonate sediments. The CCD is higher (less deep) in the Pacific because deep water in the Pacific has more CO₂ and so is more acidic.

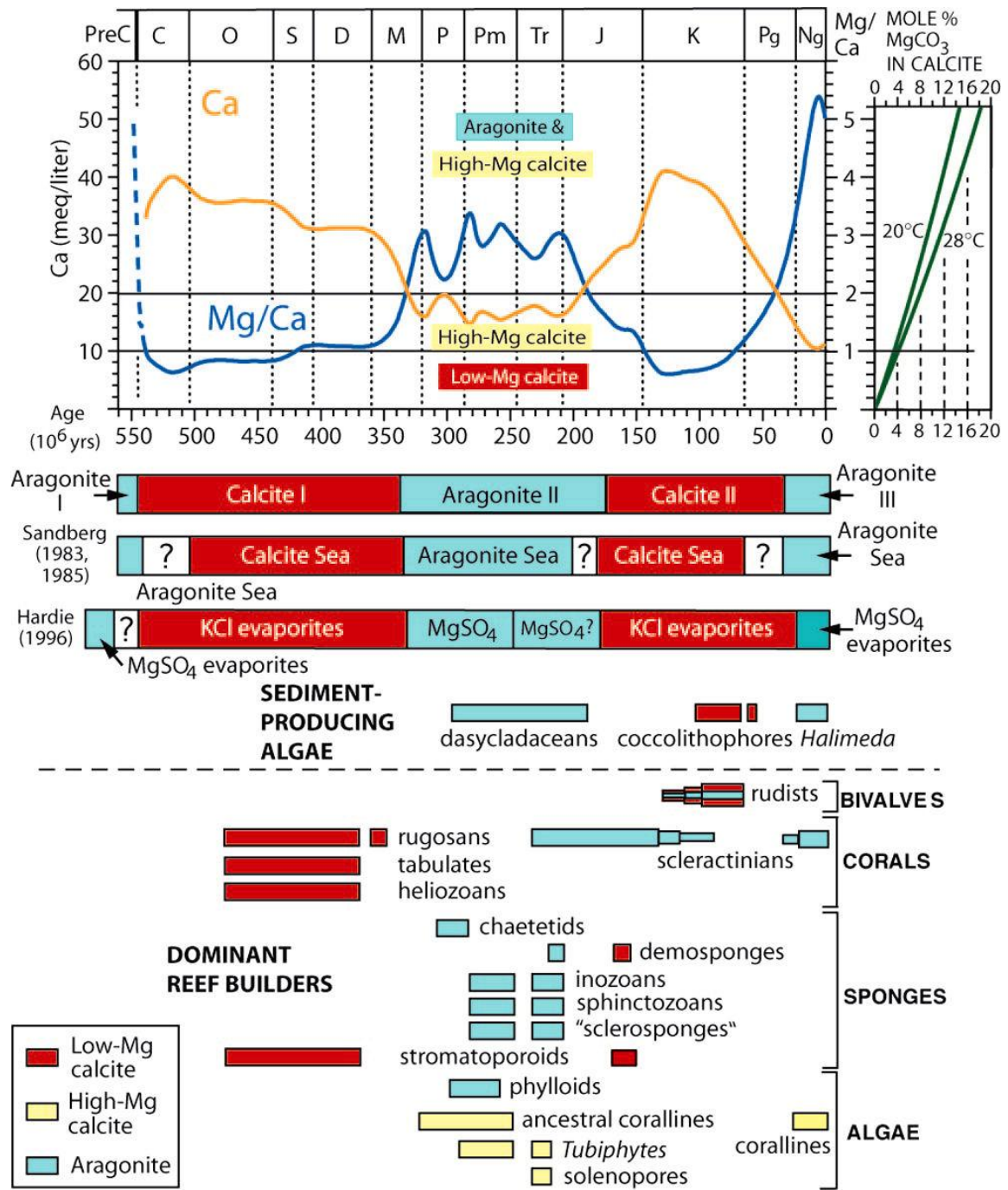
Notes:

- ¹ Morse & Mackenzie (1990) p. 23 etc.
- ² Morse & Mackenzie (1990) p. 24.
- ³ More technically, one speaks of a "calcite compensation depth" and higher (lesser) "aragonite compensation depth" (ACD).



Seamounts: "the snow-capped peaks of the abyssal Pacific"





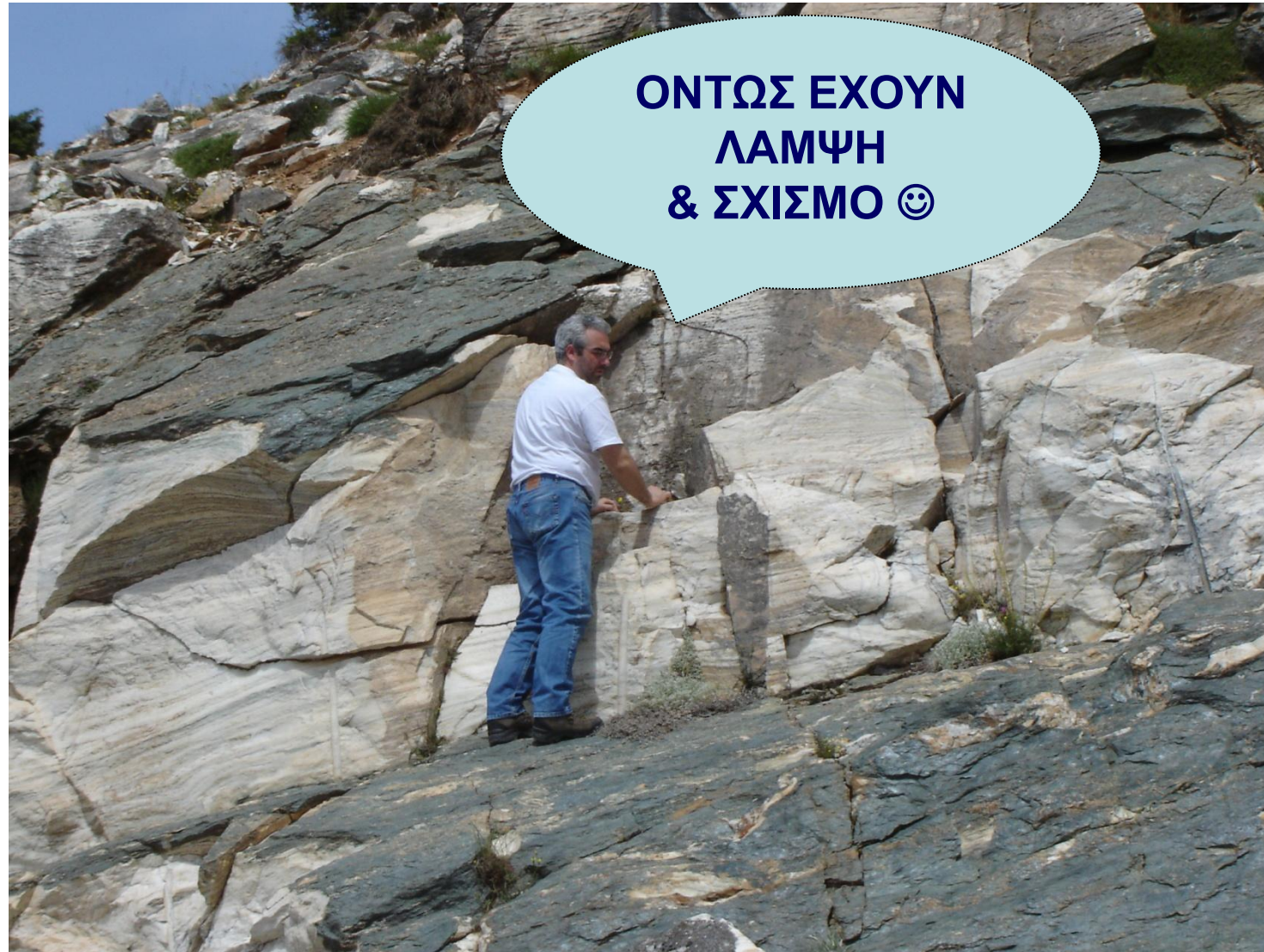
ΦΥΛΛΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

• ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΕΣ



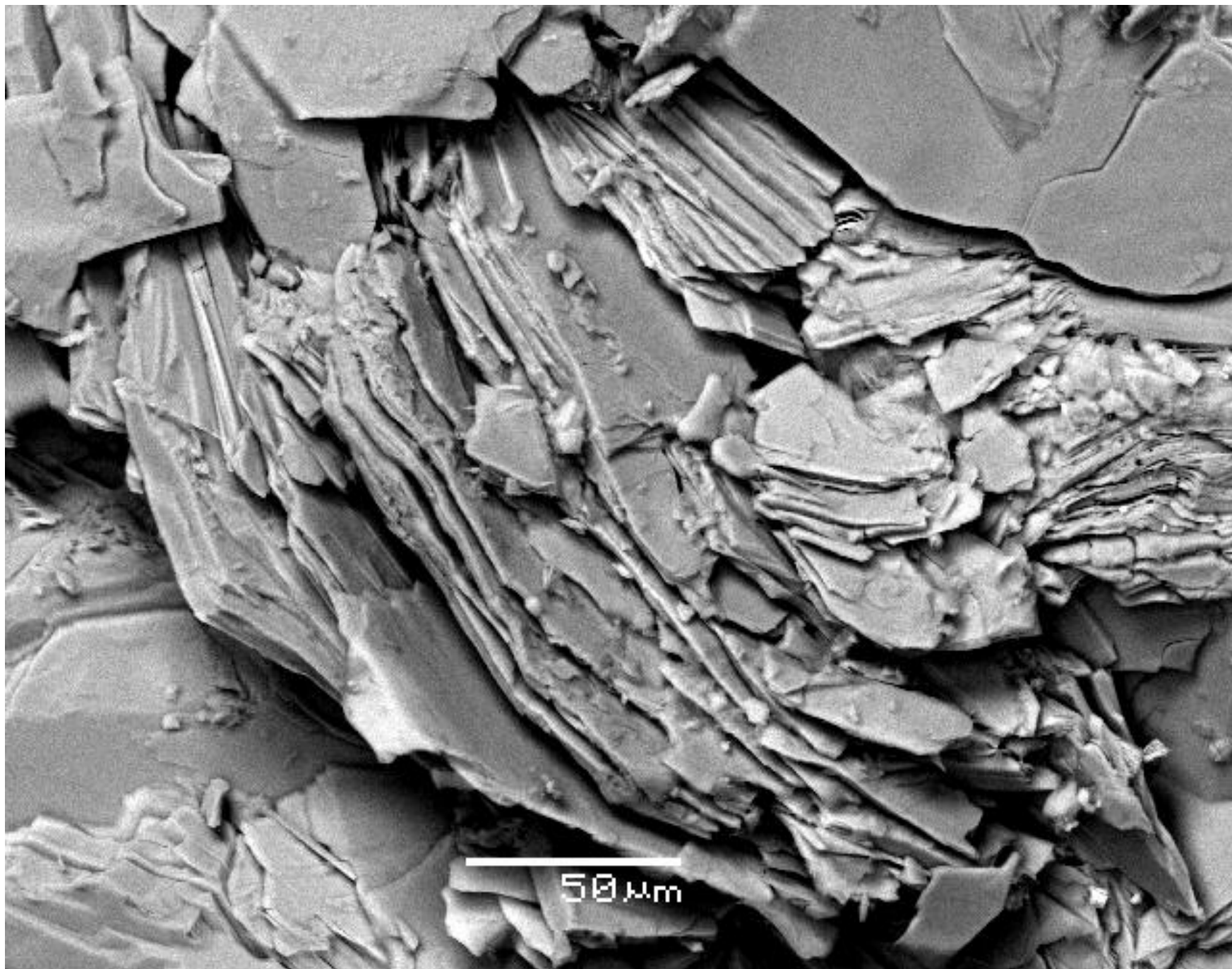
ΦΥΛΛΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

• ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΕΣ



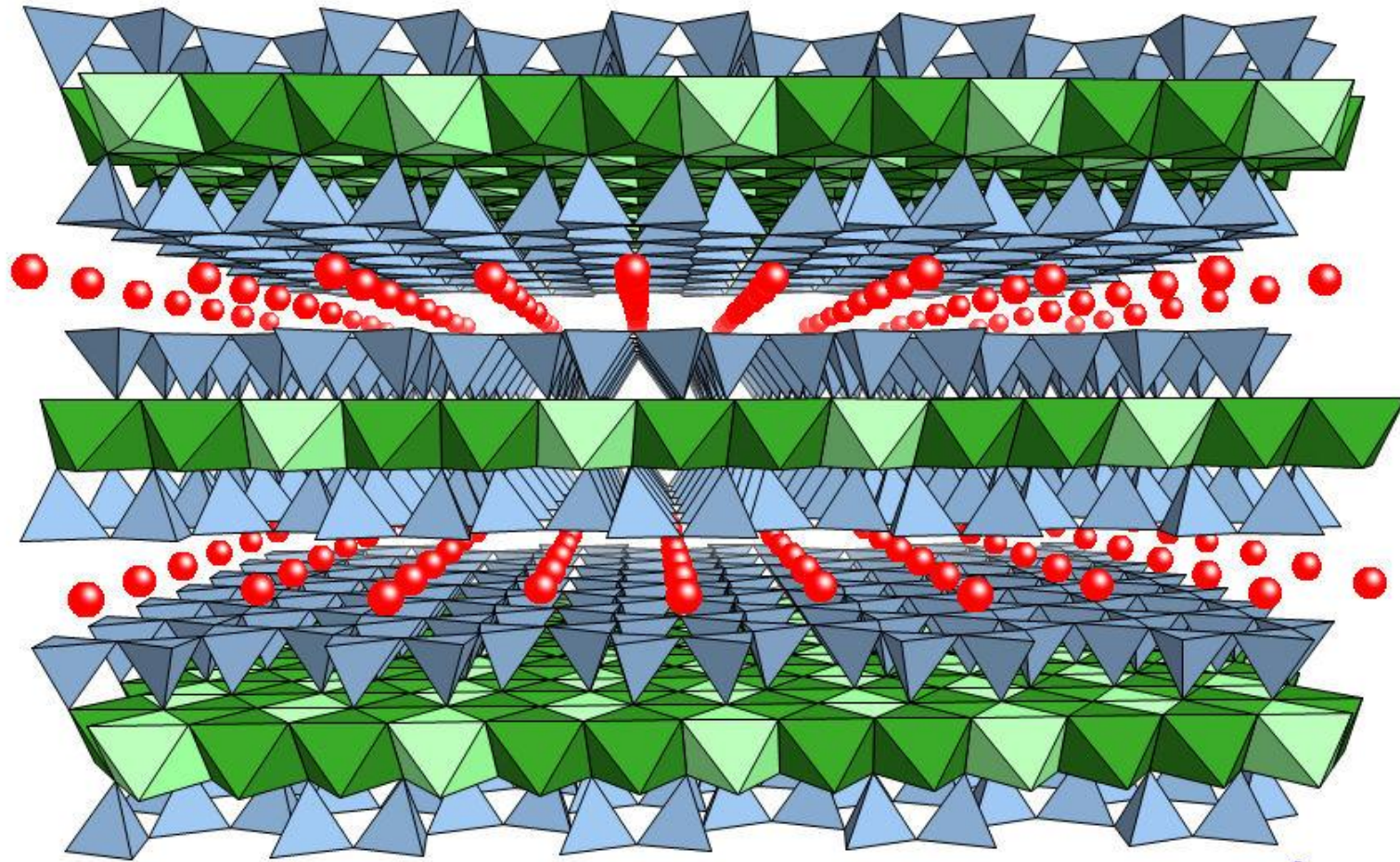




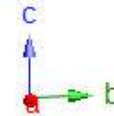




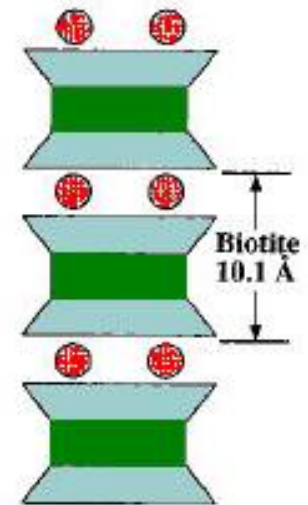
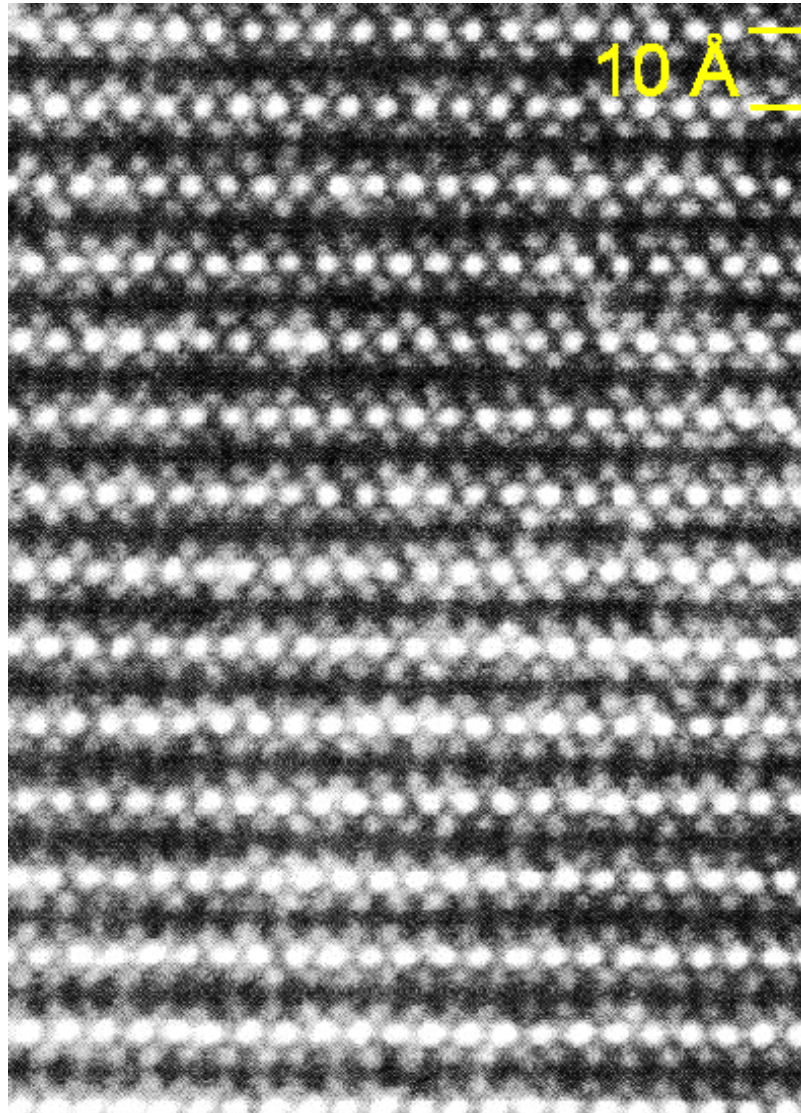
Η ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑ **ΒΙΟΤΙΤΗ**
($\text{K}[\text{Mg},\text{Fe}^{2+}]_3[\text{Al},\text{Fe}^{3+}]_3\text{Si}_3\text{O}_{10}[\text{OH},\text{F}]_2$) $\perp a$



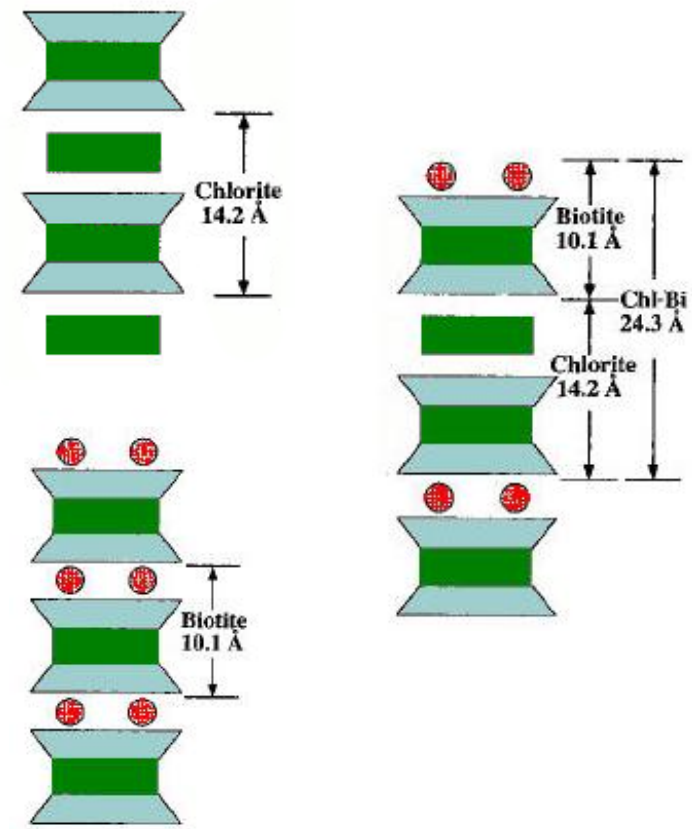
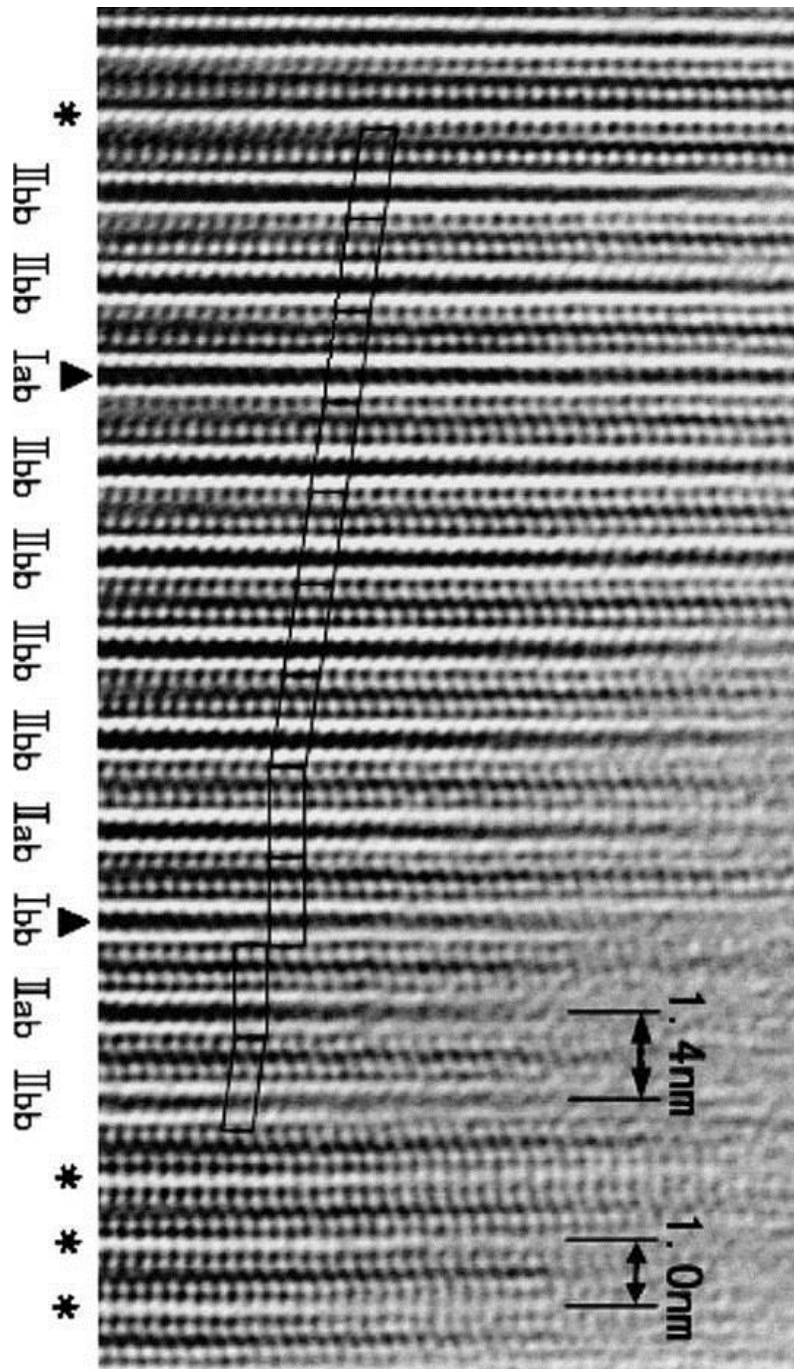
$[12] r_{\text{K}^+} = 1.64 \text{ \AA}$



Η ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑ
ΒΙΟΤΙΤΗ ΣΤΟ ΤΕΜ



Ο ΠΟΛΥΤΥΠΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΙΟΤΙΤΗ
 ΣΥΣΧΕΤΙΖΕΤΑΙ ΣΥΧΝΑ ΜΕ ΤΗ
 "ΧΛΩΡΙΤΙΩΣΗ" (ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ
 ΣΤΟΙΒΑΔΩΝ ΧΛΩΡΙΤΗ)





<http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo212y/>

ΦΥΛΛΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

• ΟΡΥΚΤΑ ΤΗΣ ΑΡΓΙΛΟΥ



ΦΥΛΛΟΠΥΡΙΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

- ΟΡΥΚΤΑ ΤΗΣ ΑΡΓΙΛΟΥ

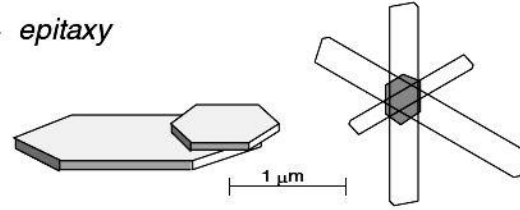
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ
<2 μm ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ
ΠΑΡΟΥΜΕ ΔΕΙΓΜΑ
ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 😊



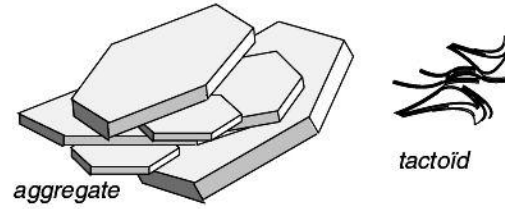
Ορυκτά της αργίλου - Clay minerals

common clay particles

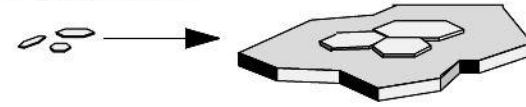
a *epitaxy*



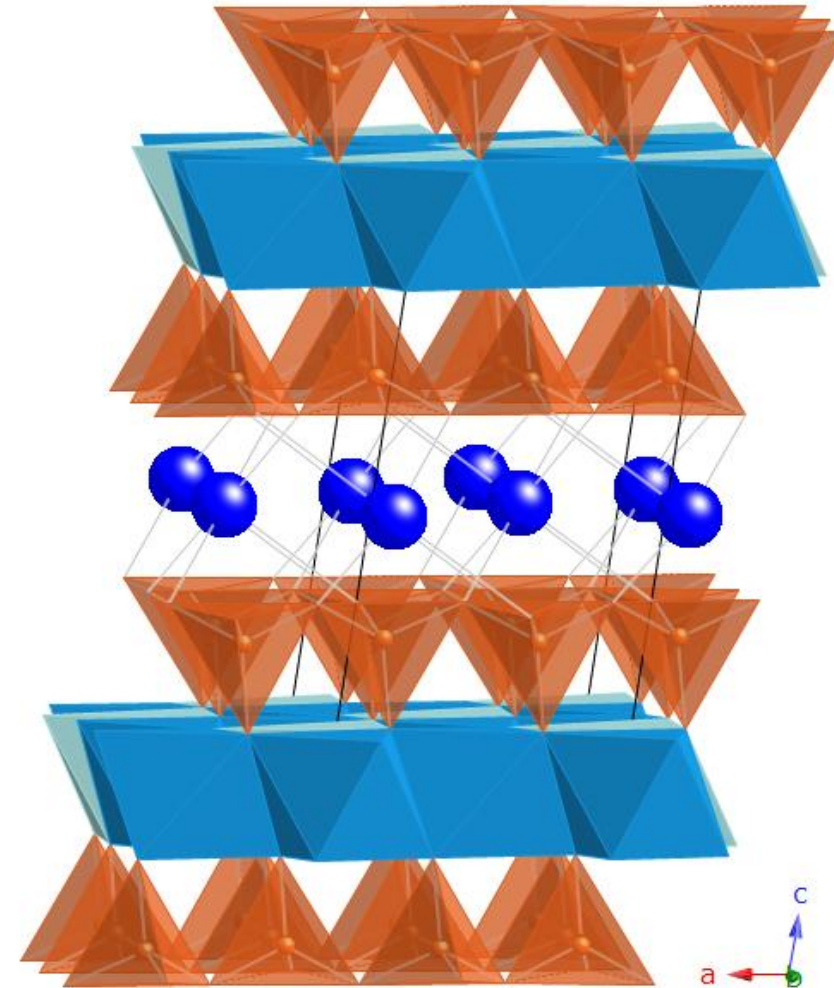
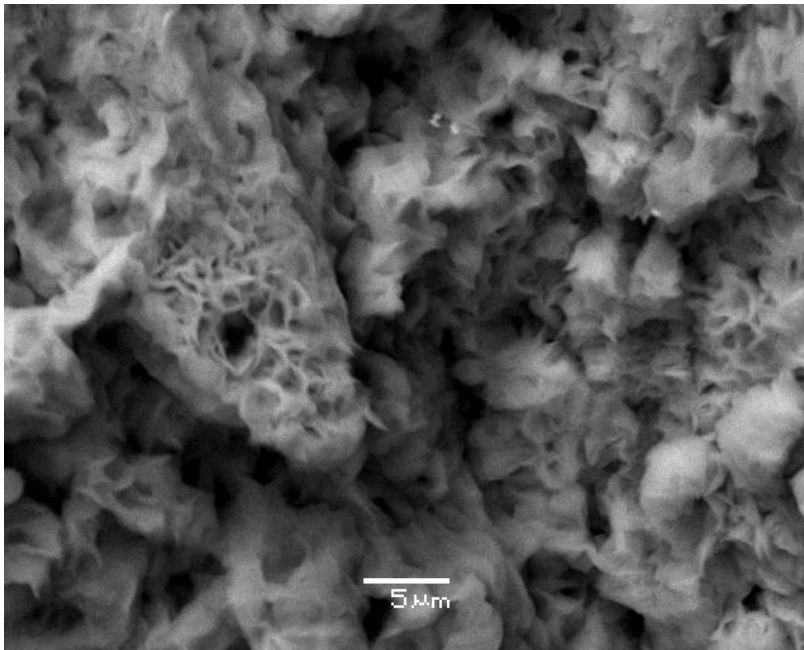
b *aggregation*

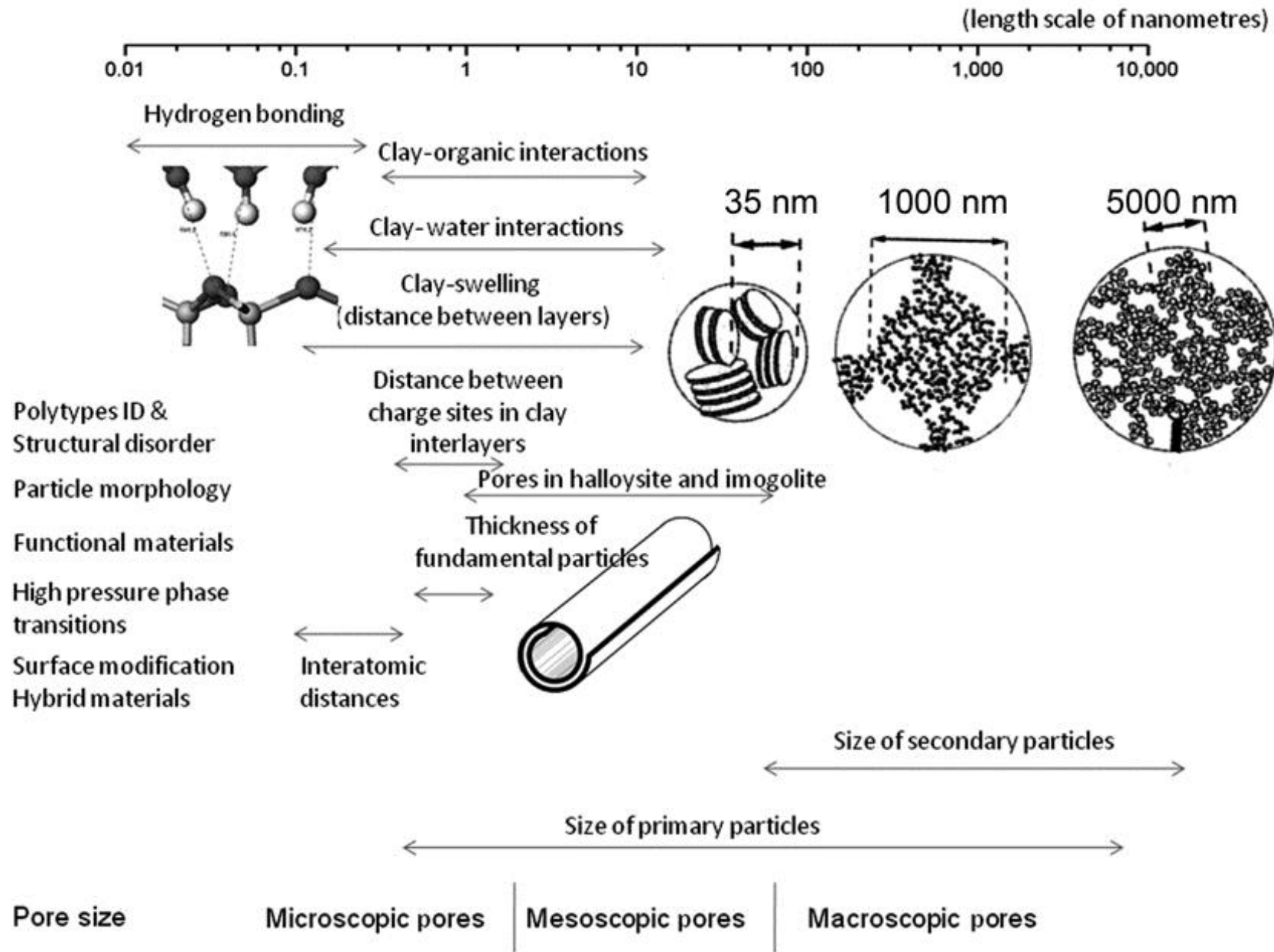


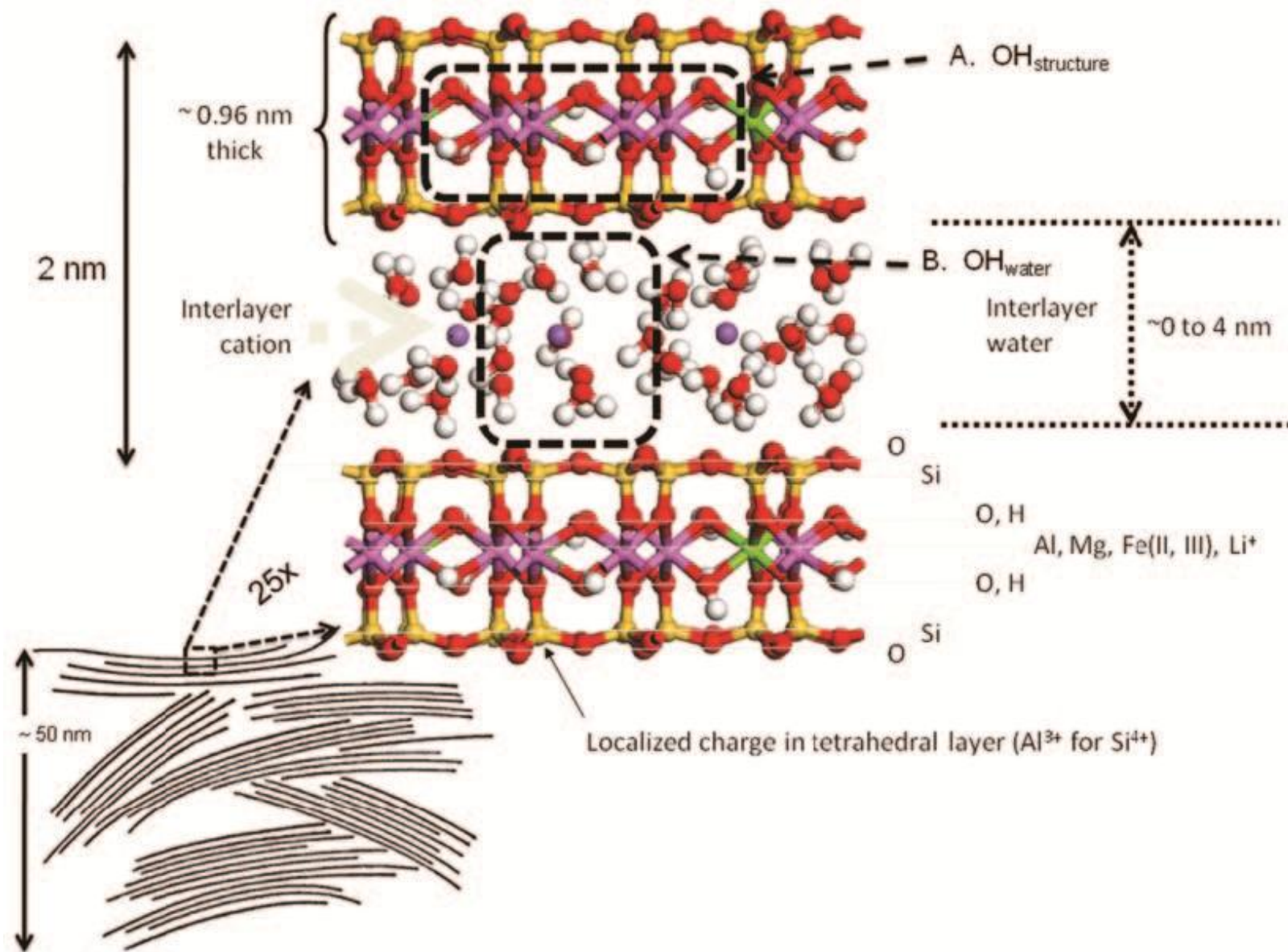
c *coalescence*

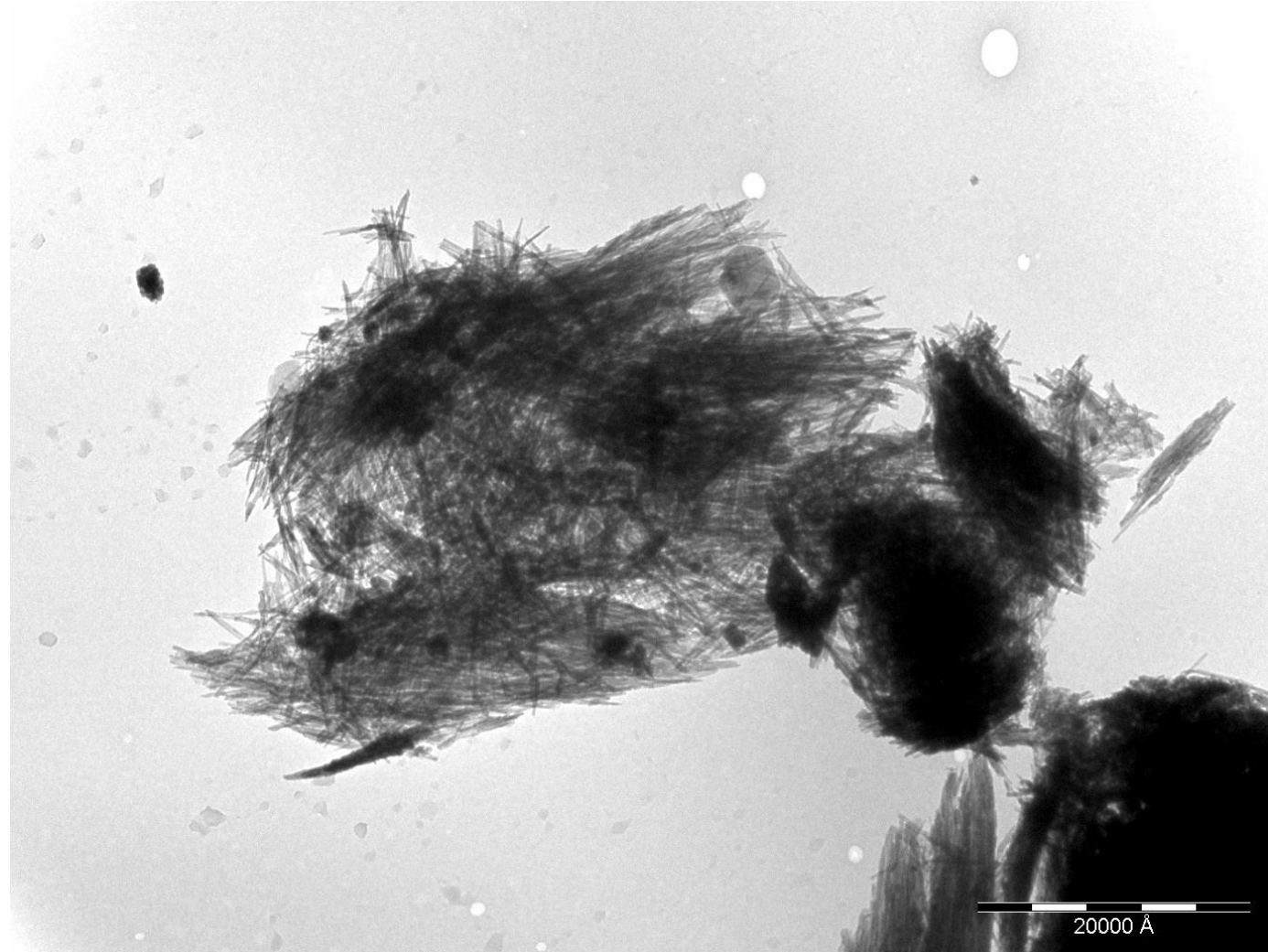


The main types of particles and aggregates of clay minerals.
 a) Epitaxy, i.e. growth on a crystalline support.
 b) Aggregation of rigid or flexible particles or crystallites (tactoid or quasi-crystal networks).
 c) Coalescence: neighbouring crystals are joined by the growth of common layers









ugr | Universidad
de Granada



Centro de Instrumentación Científica
Universidad de Granada

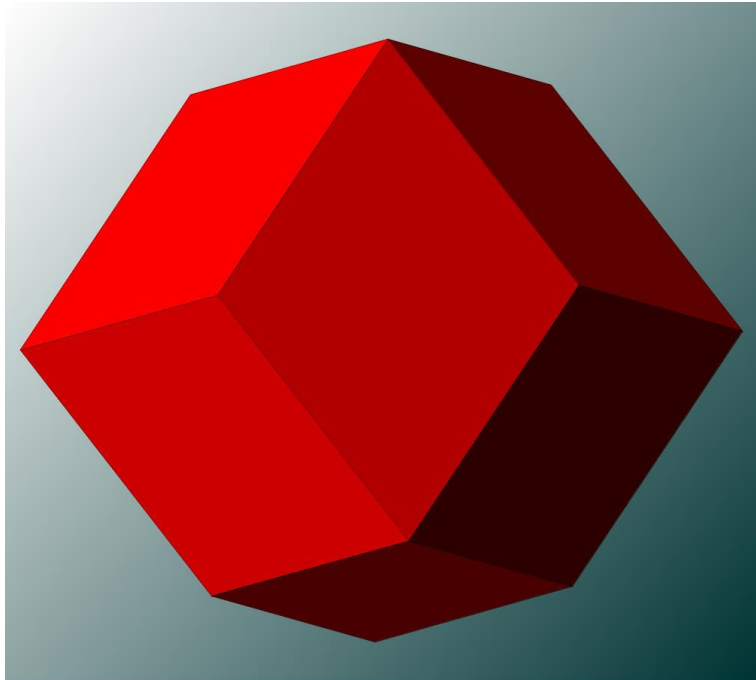












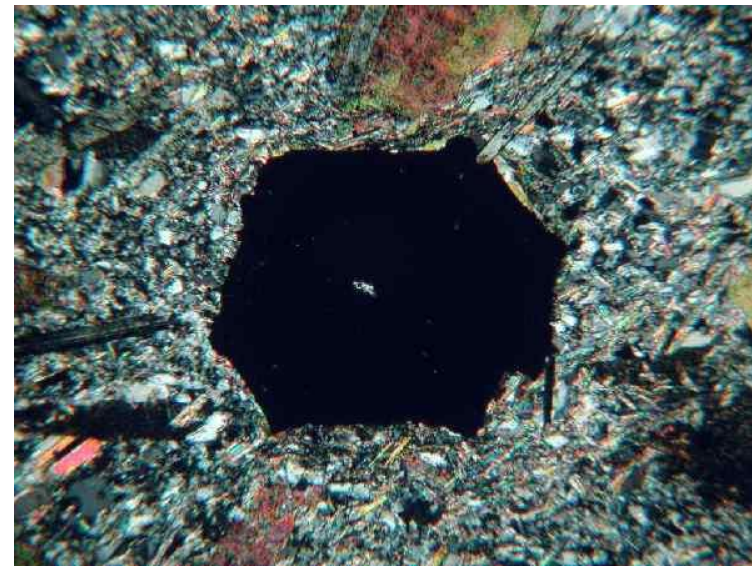
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΣ

ΓΡΑΝΑΤΗ









IMA REPORT

Nomenclature of the garnet supergroup

EDWARD S. GREW,^{1,*} ANDREW J. LOCOCK,² STUART J. MILLS,^{3,†} IRINA O. GALUSKINA,⁴
EVGENY V. GALUSKIN,⁴ AND ULF HALENIUS⁵

¹School of Earth and Climate Sciences, University of Maine, Orono, Maine 04469, U.S.A.

²Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2E3, Canada

³Geosciences, Museum Victoria, GPO Box 666, Melbourne 3001, Victoria, Australia

⁴Faculty of Earth Sciences, Department of Geochemistry, Mineralogy and Petrography, University of Silesia, Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec, Poland

⁵Swedish Museum of Natural History, Department of Mineralogy, P.O. Box 50 007, 104 05 Stockholm, Sweden

ABSTRACT

The garnet supergroup includes all minerals isostructural with garnet regardless of what elements occupy the four atomic sites, i.e., the supergroup includes several chemical classes. There are presently 32 approved species, with an additional 5 possible species needing further study to be approved. The general formula for the garnet supergroup minerals is $\{X_3\}[Y_2](Z_1)\varphi_{12}$, where X , Y , and Z refer to dodecahedral, octahedral, and tetrahedral sites, respectively, and φ is O, OH, or F. Most garnets are cubic, space group $Ia\bar{3}d$ (no. 230), but two OH-bearing species (henritermierite and holtstamite) have tetragonal symmetry, space group, $I4_1/acd$ (no. 142), and their X , Z , and φ sites are split into more symmetrically unique atomic positions. Total charge at the Z site and symmetry are criteria for distinguishing groups, whereas the dominant-constituent and dominant-valency rules are critical in identifying species. Twenty-nine species belong to one of five groups: the tetragonal henritermierite group and the isometric bitikleite, schorlomite, garnet, and berzeliite groups with a total charge at Z of 8 (silicate), 9 (oxide), 10 (silicate), 12 (silicate), and 15 (vanadate, arsenate), respectively. Three species are single representatives of potential groups in which Z is vacant or occupied by monovalent (halide, hydroxide) or divalent cations (oxide). We recommend that suffixes (other than Levinson modifiers) not be used in naming minerals in the garnet supergroup. Existing names with suffixes have been replaced with new root names where necessary: bitikleite-(SnAl) to bitikleite, bitikleite-(SnFe) to dzhuluite, bitikleite-(ZrFe) to usturite, and elbrusite-(Zr) to elbrusite. The name hibschite has been discredited in favor of grossular as Si is the dominant cation at the Z site. Twenty-one end-members have been reported as subordinate components in minerals of the garnet supergroup of which six have been reported in amounts up to 20 mol% or more, and, thus, there is potential for more species to be discovered in the garnet supergroup. The nomenclature outlined in this report has been approved by the Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification of the International Mineralogical Association (Voting Proposal 11-D).

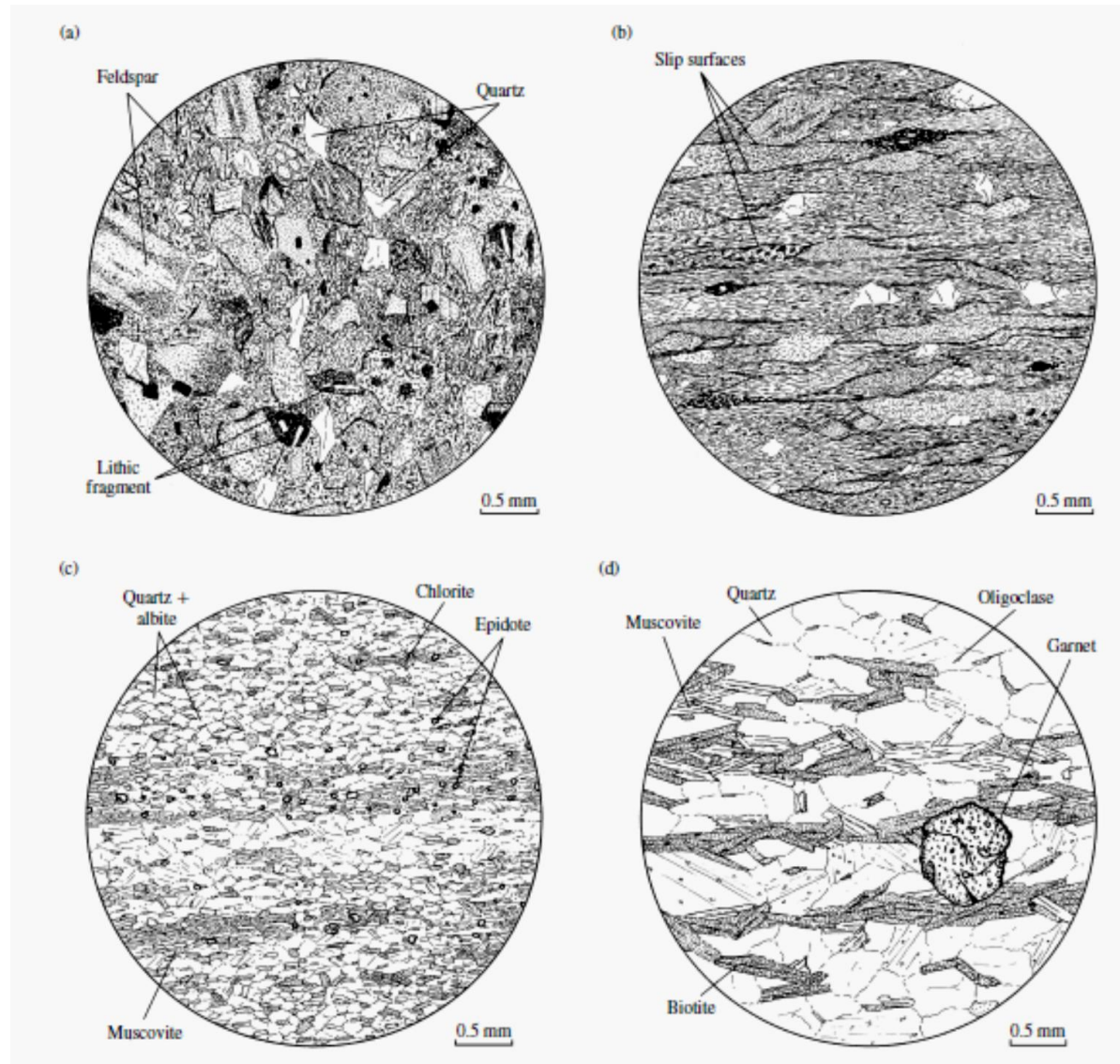


108

FIGURE 2 Dark, fine-grained sedimentary shale, such as (A), is transformed at intermediate pressure and temperature into bright, shiny, mica schist with large garnet crystals (B). During

this transition, the rock loses several weight percent H₂O. Such a transition is an important source of metamorphic fluid. Scale for these samples is similar to that of Figure 1.

B. Jamtveit; Elements (2010)



109

Progressive metamorphism and development of tectonite fabric in lithic wacke (graywacke); © Myron G. Best (2003)

Πορφυροβλαστικός ιστός

γранаτούχος αμφιβολίτης



ανάδρομος εκλογίτης



γранаτούχος μεταπηλίτης



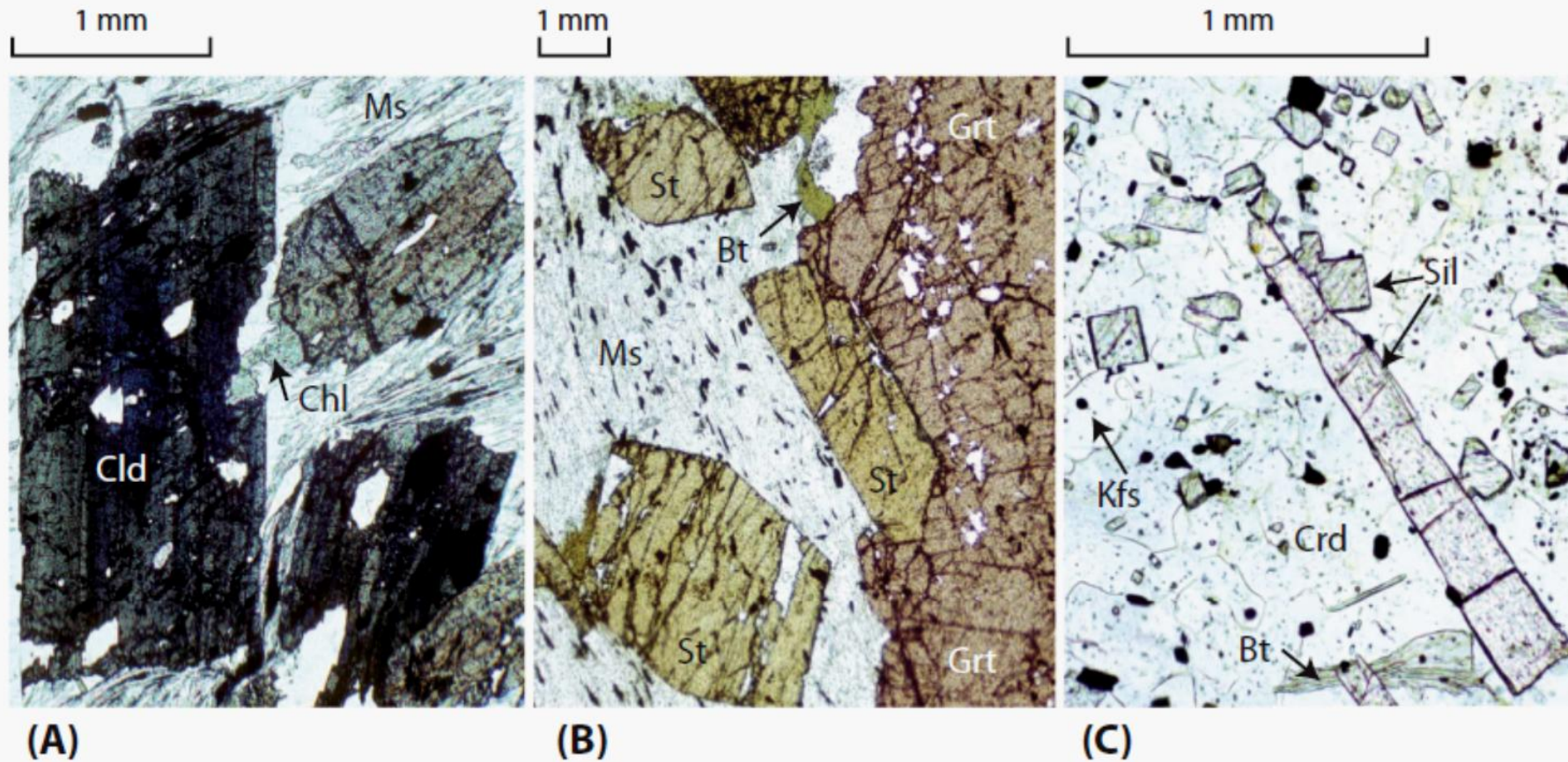
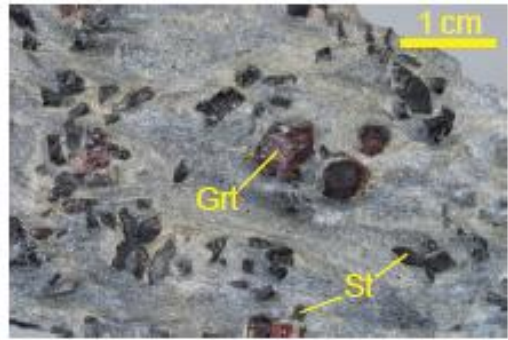
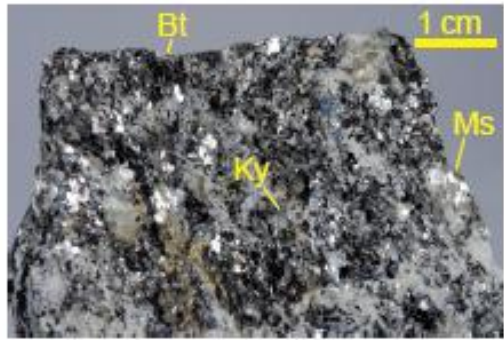


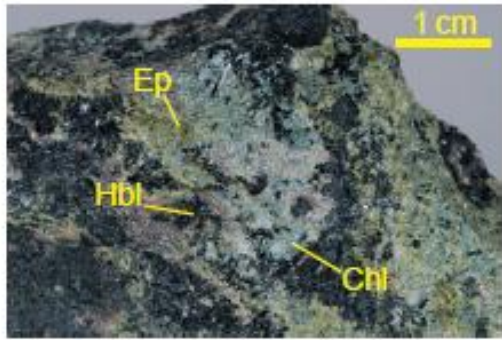
Figure 14.24 Photomicrographs of thin sections under plane light of metapelite from three different grades of metamorphism. (A) Chloritoid-muscovite-chlorite-quartz schist. (B) Staurolite-garnet-muscovite-biotite-quartz schist. (C) Sillimanite-cordierite-K-feldspar-biotite-quartz hornfels.



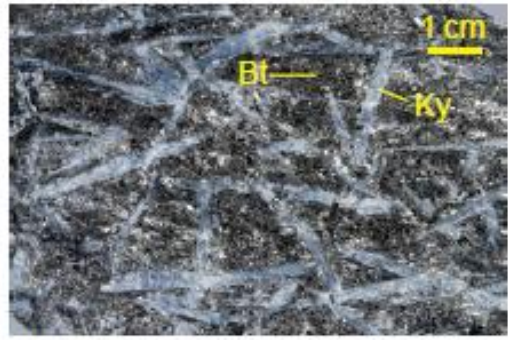
(a)



(b)



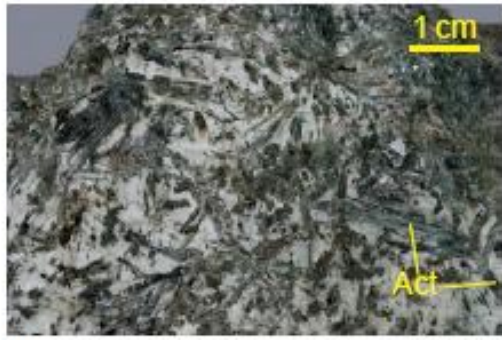
(c)



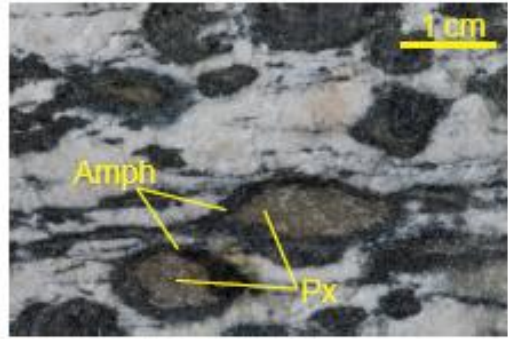
(d)



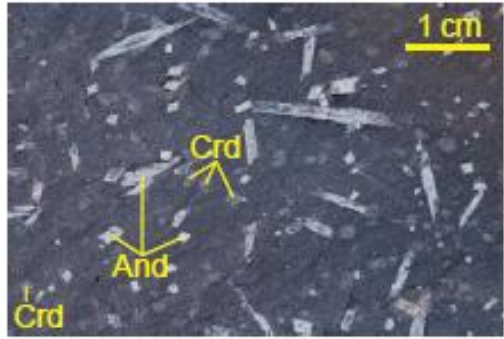
(e)



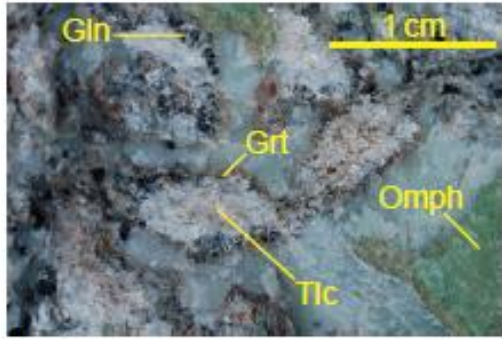
(f)



(g)



(h)



(i)

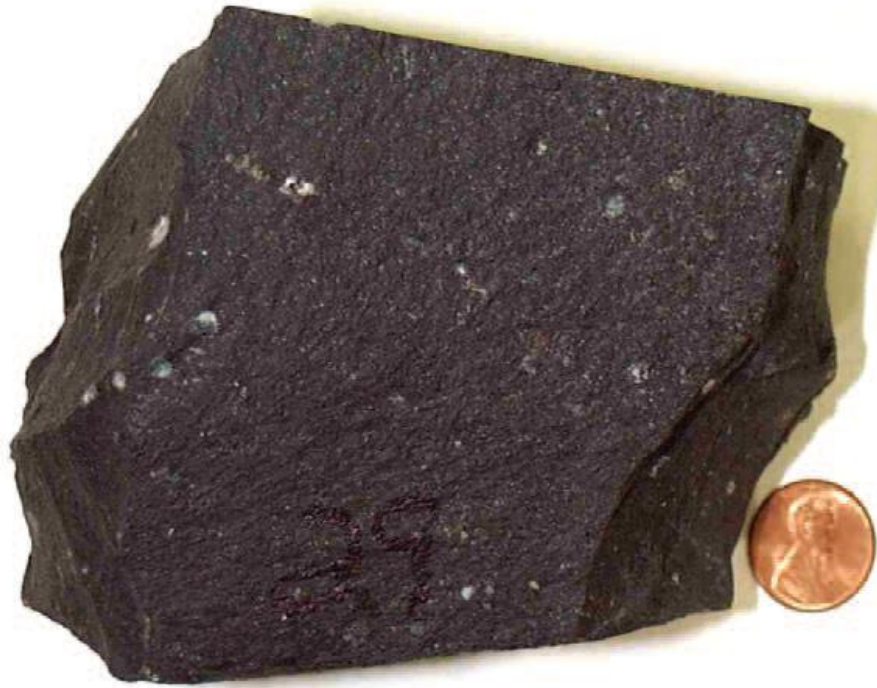
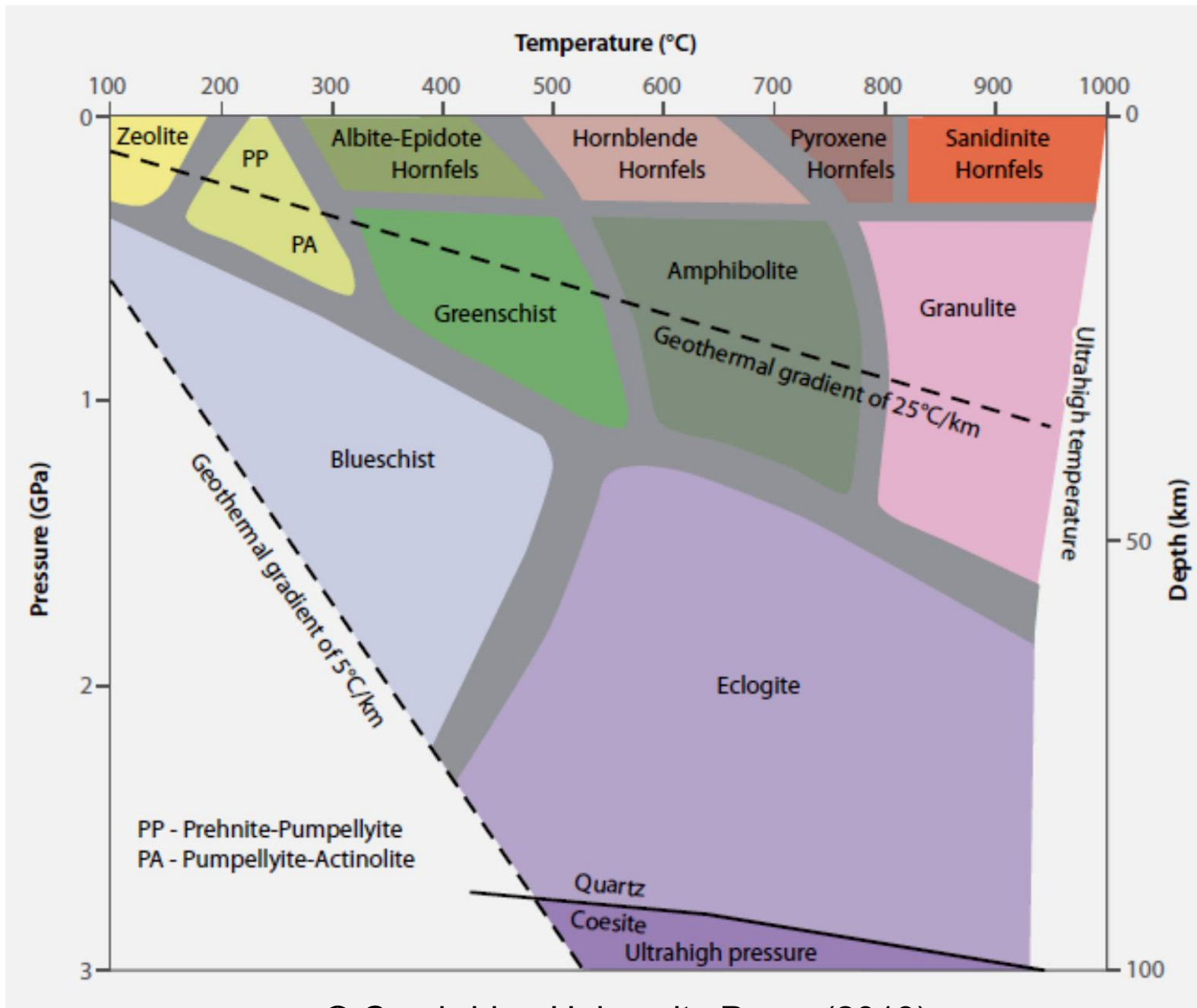
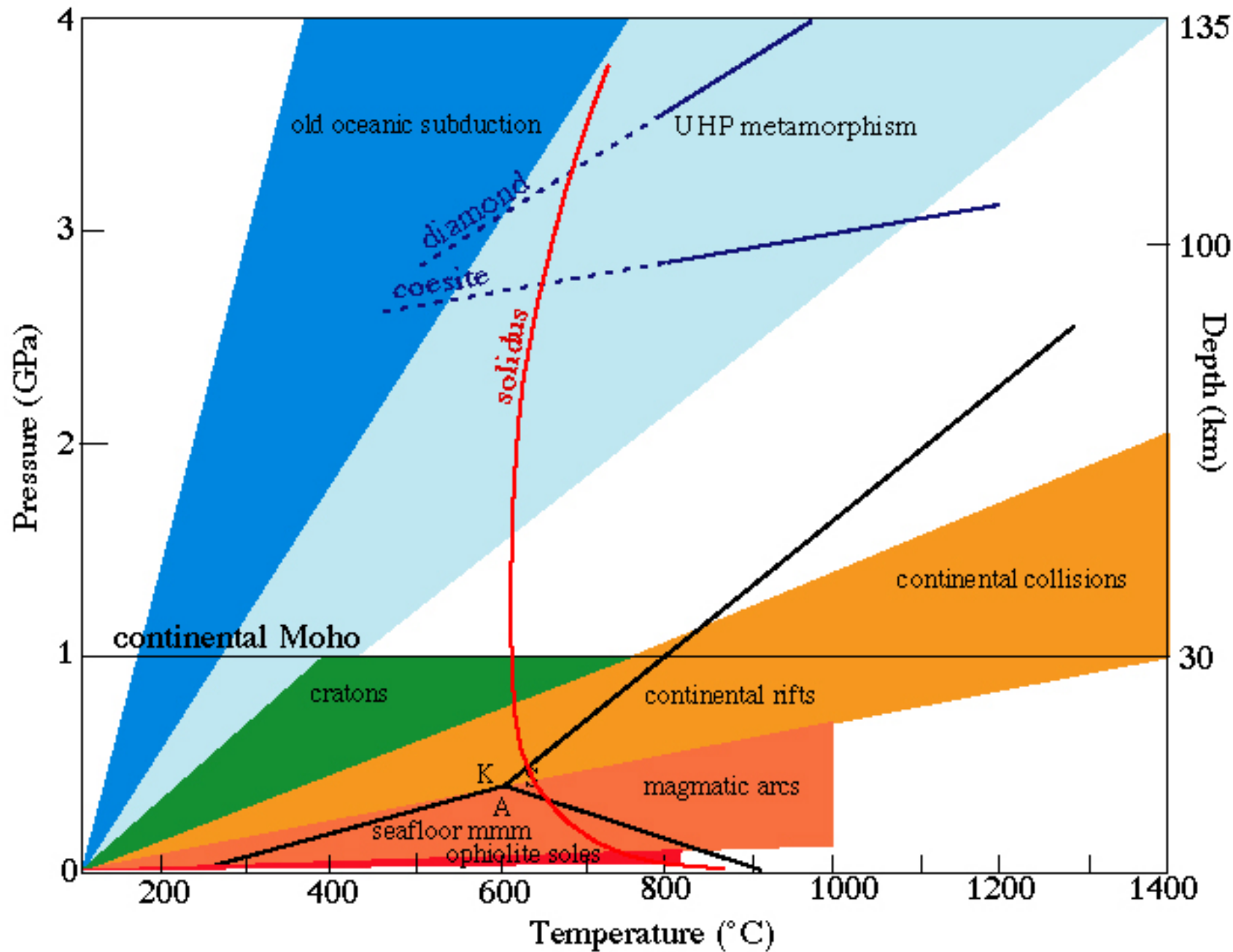
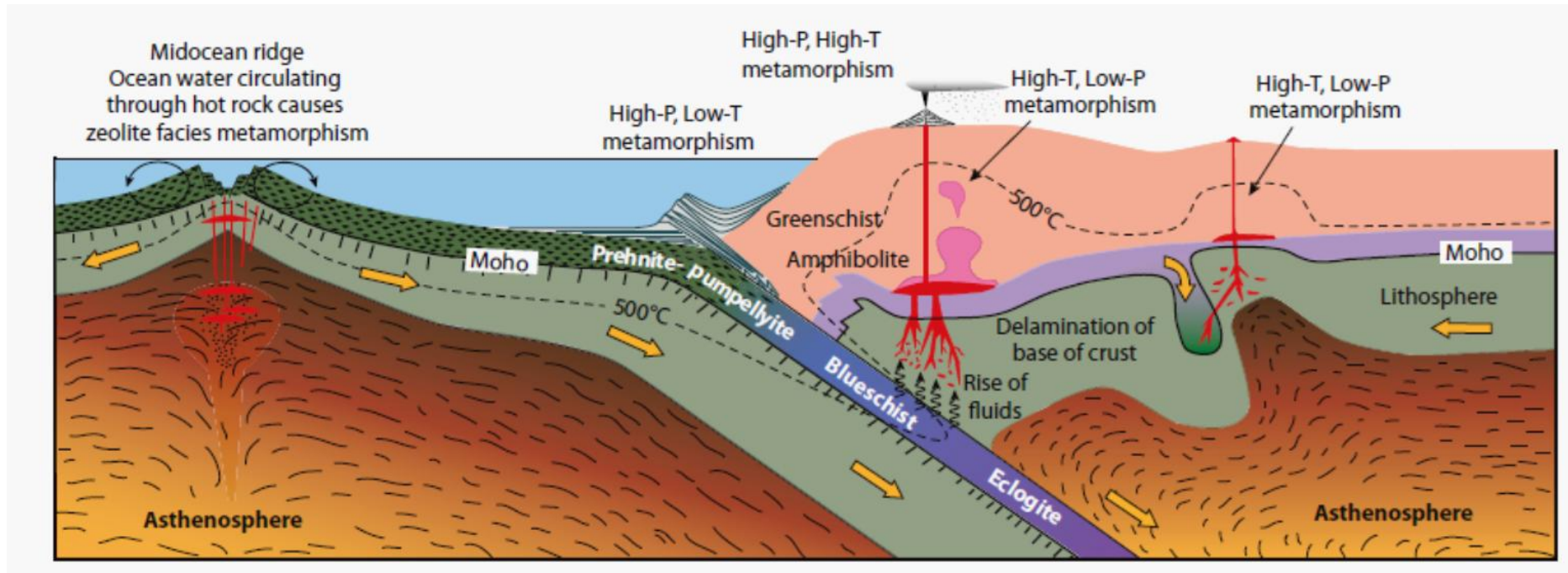


FIGURE 1 Dark, fine-grained basalt, such as (A), is transformed into a spectacular, coarse-grained, green and red eclogite (B) during metamorphism at high pressure and temperature. During the metamorphic transition, augite (pyroxene), plagioclase, and olivine in the basalt are transformed into garnet (red), omphacite (green), and clinozoisite (white). Density increases from about 2.9 g/cm^3 to about 3.5 g/cm^3 , making the rock's transition important for large-scale geodynamic processes, including basin subsidence and subduction.



© Cambridge University Press (2013)

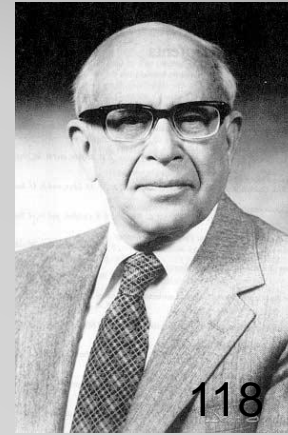






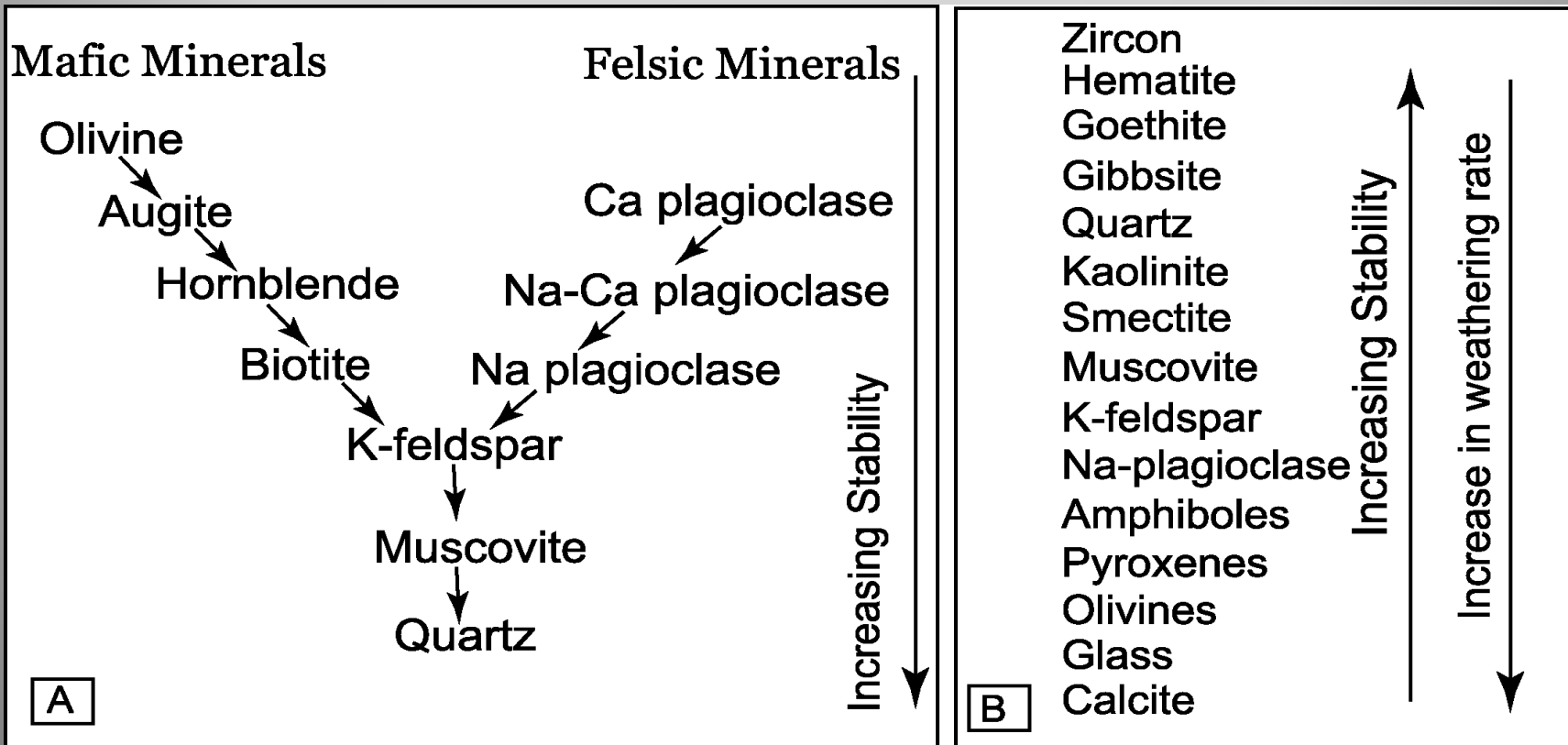
N.L. Bowen
(1922)

117

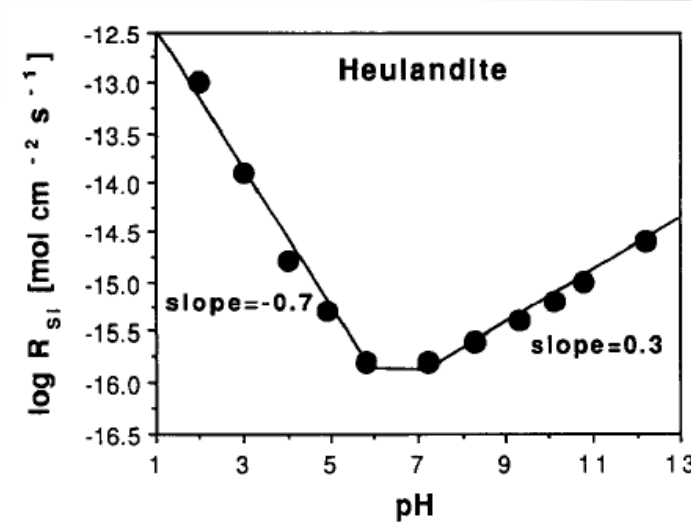


S. Goldich
(1938)

118



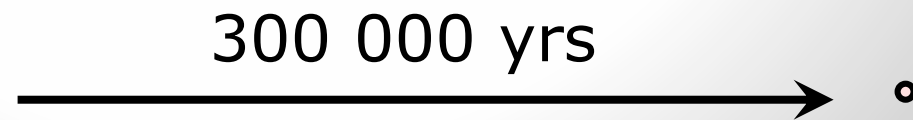
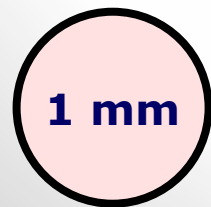
• DISSOLUTION RATE (R)
 ΡΥΘΜΟΣ ΔΙΑΛΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ



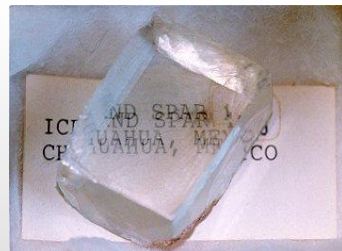
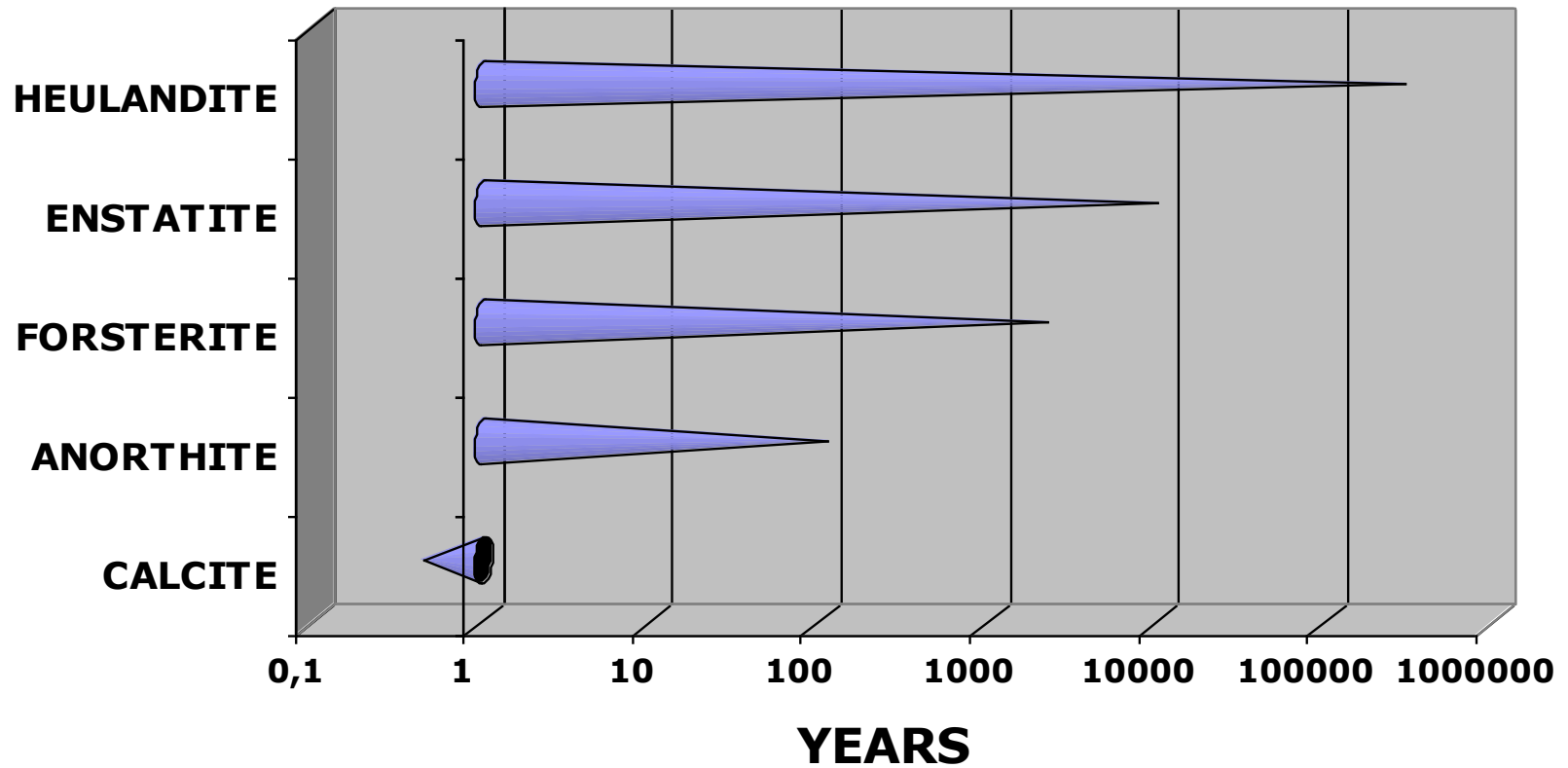
121

ΖΕΟΛΙΘΟΣ

-Log R (pH ~ 7)
 11.8 mol/m²/s

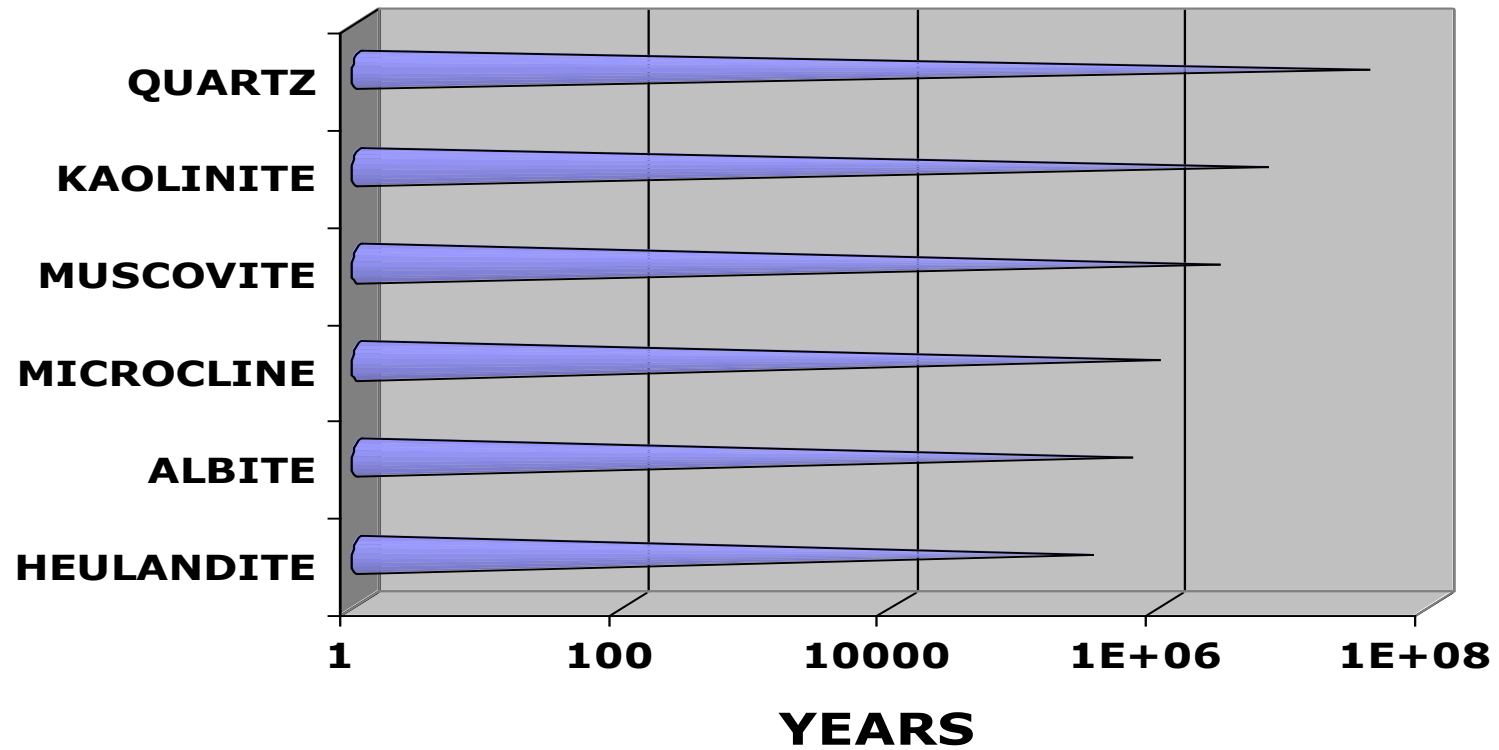


1 mm crystal, 25 C, pH=5

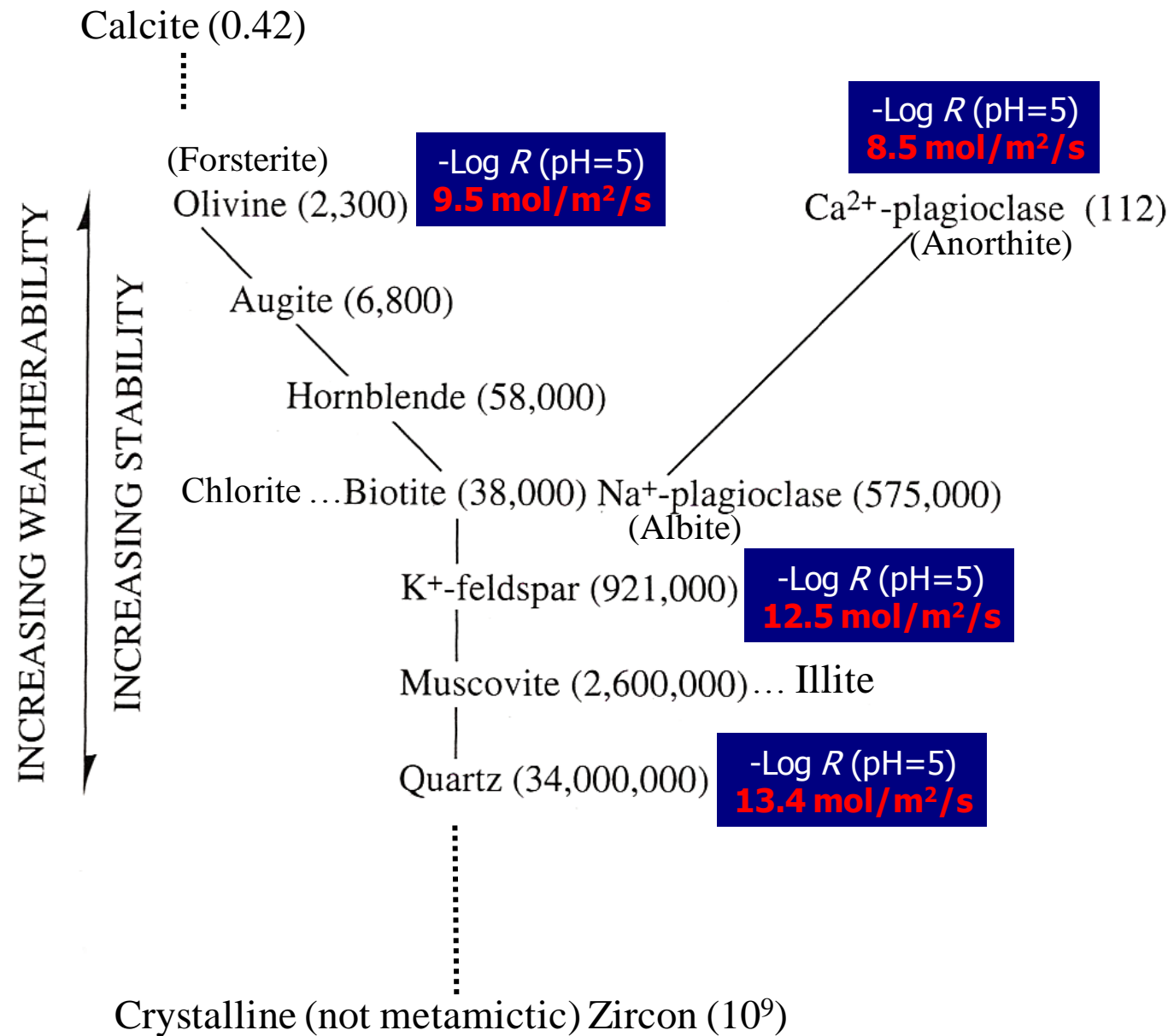


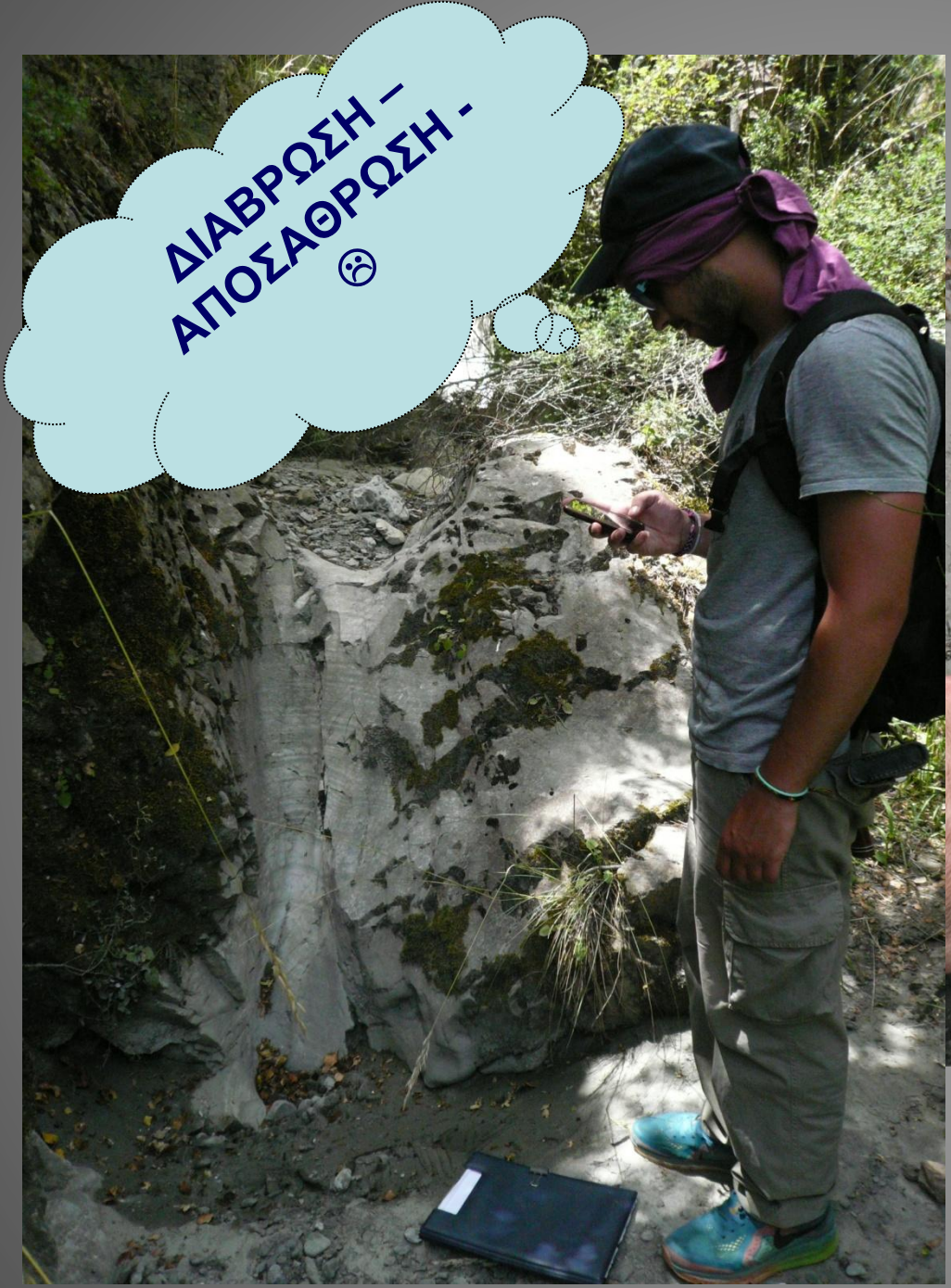
..... ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ: 150 ημέρες

1 mm crystal, 25 C, pH=5



ΧΑΛΑΖΙΑΣ: 34 000 000 έτη.....







**...and also
KARST!**





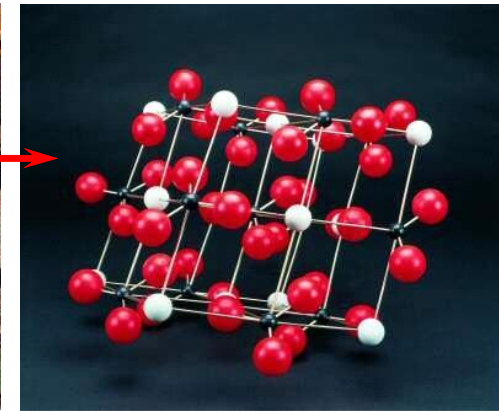
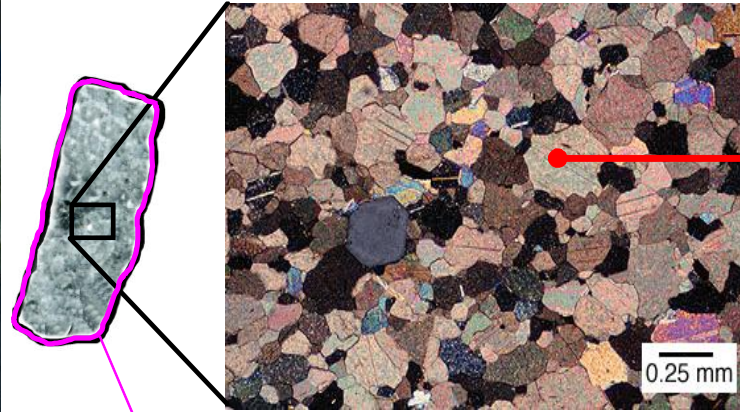
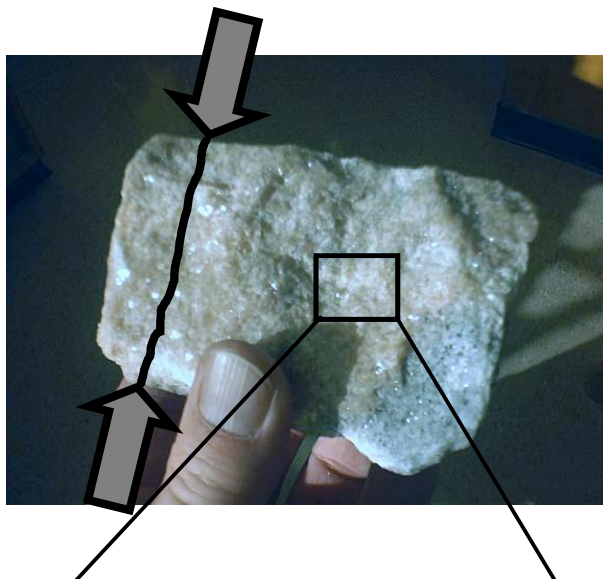




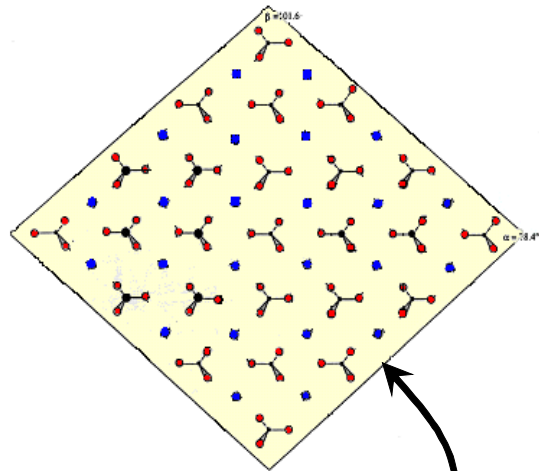






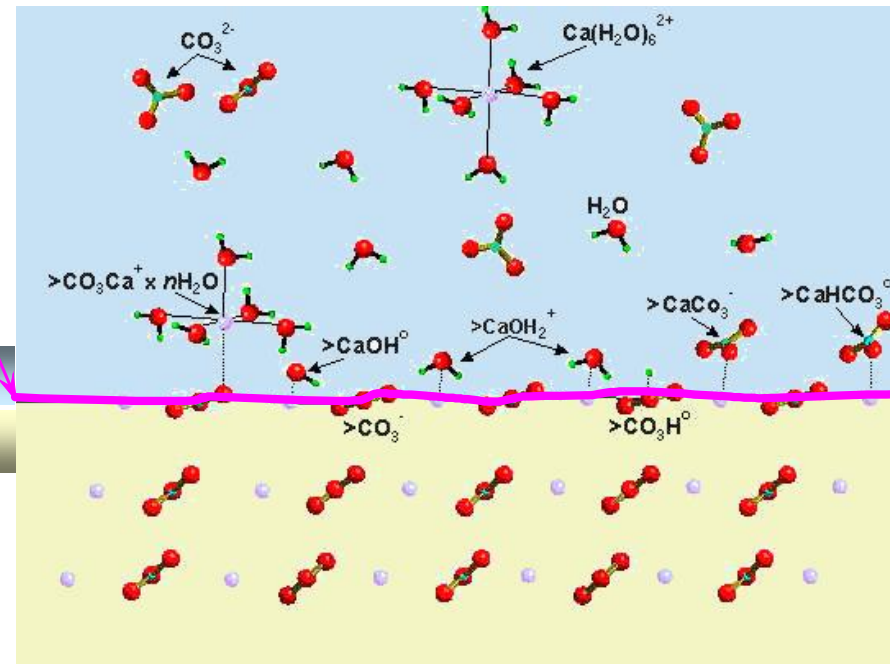


134



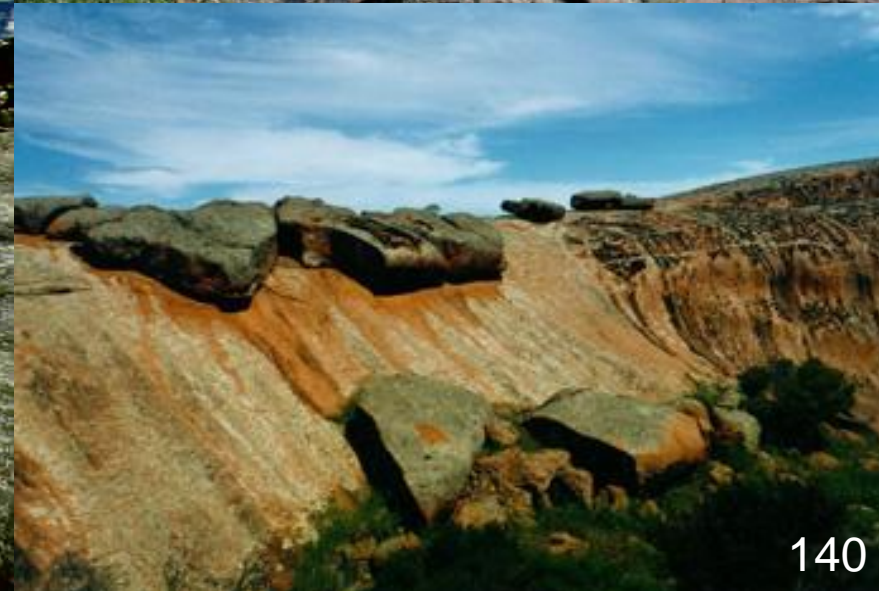
ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

135

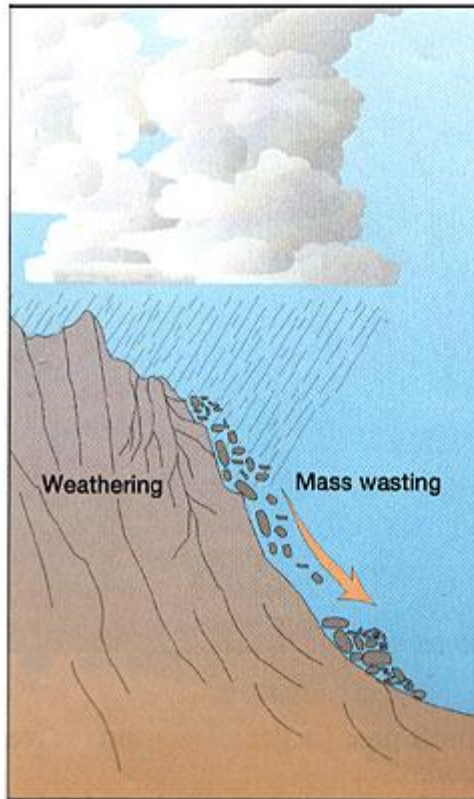


136

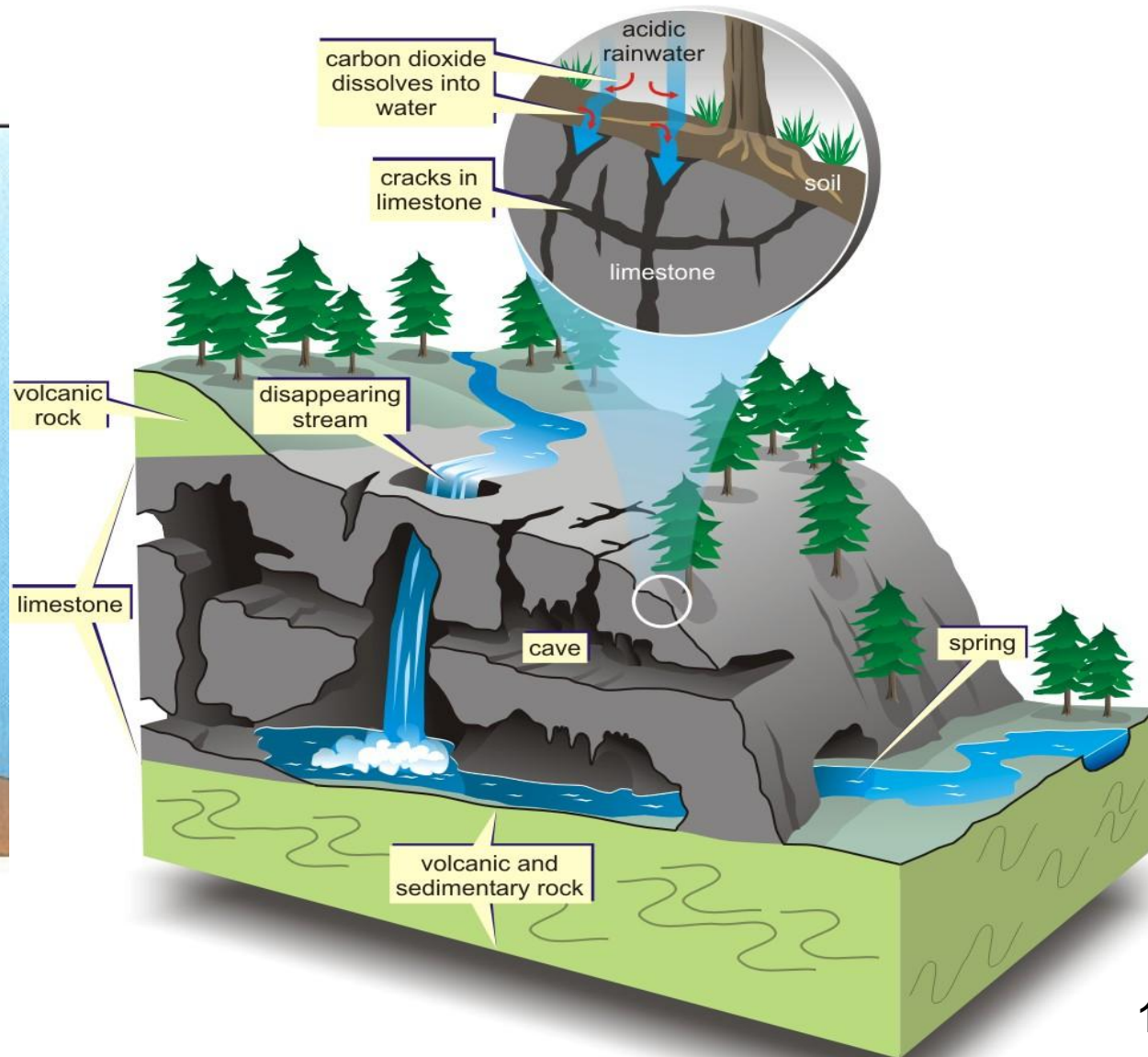
ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ (Κm/m/cm/mm-κλίμακα)



ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ (Κm/m/cm/mm-κλίμακα)



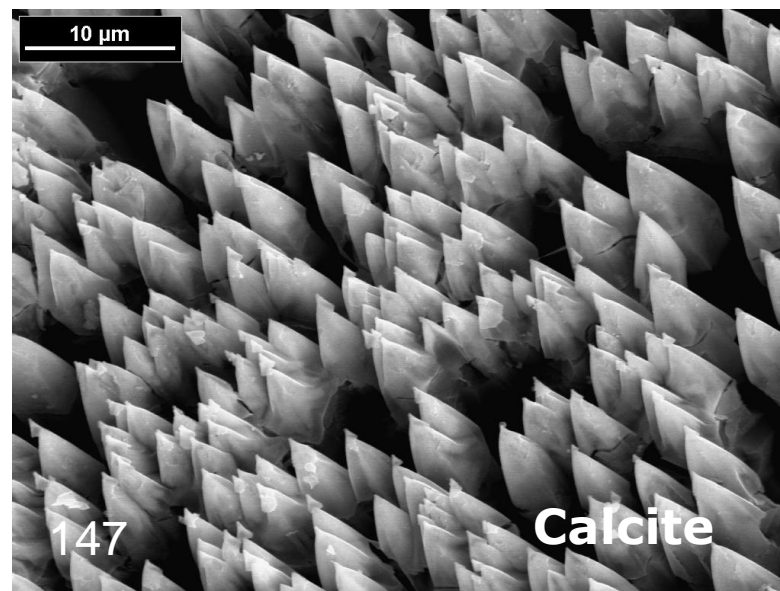
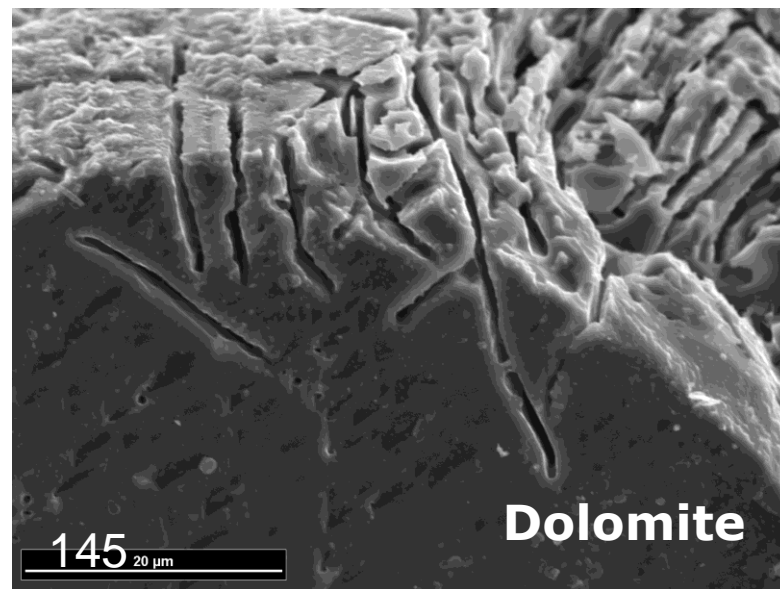
141



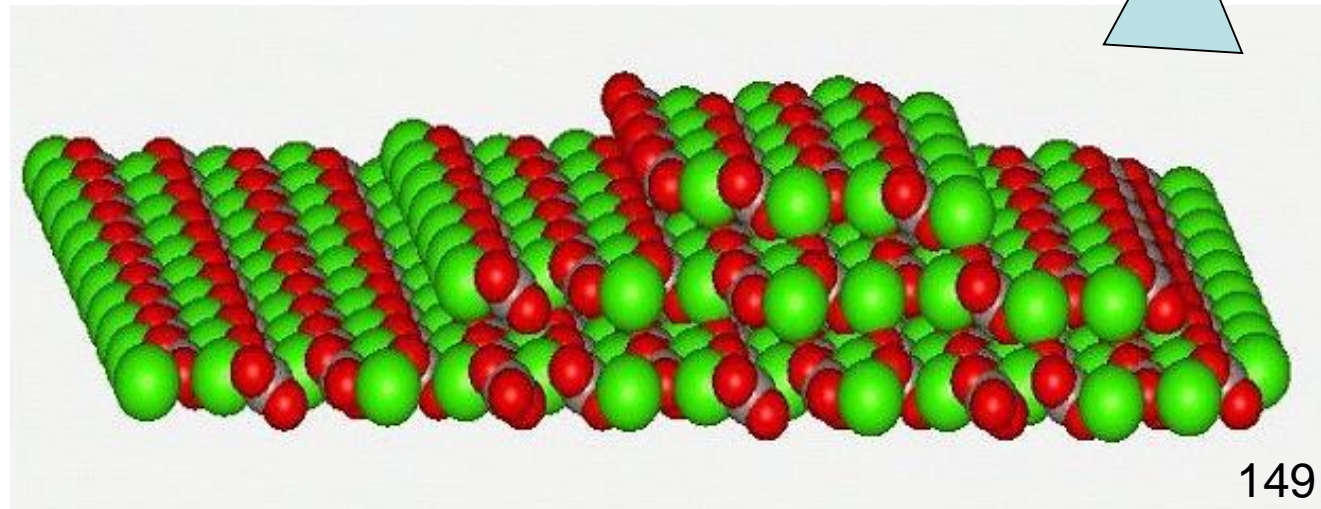
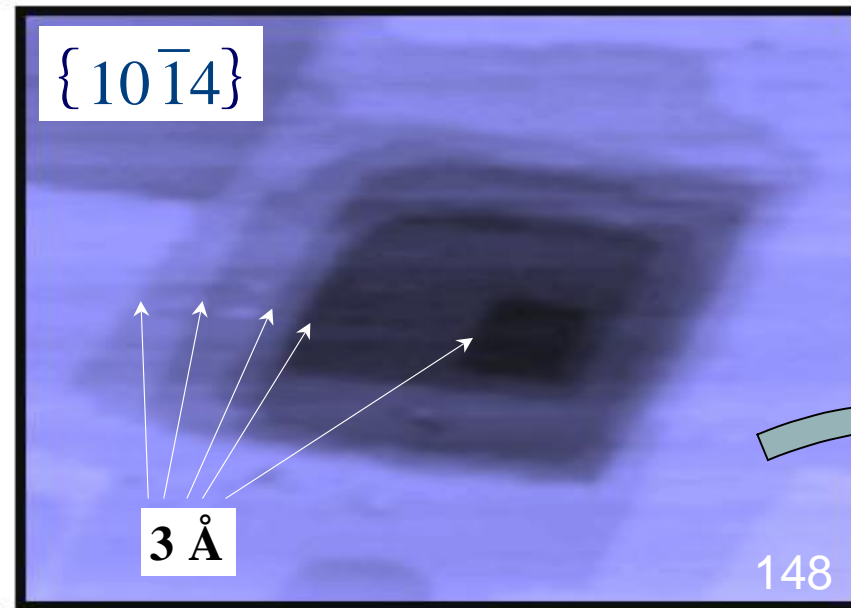
142



ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ - ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ (Km/m/cm/mm/μm-κλίμακα)



ex-situ & *in-situ* ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ (nm/Å-κλίμακα)





Τέλος Ενότητας

Ορυκτά – Συνθήκες μεταμόρφωσης –
Πετρολογικοί τύποι

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.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αθανάσιος Γκοντελίτσας 2015. Αθανάσιος Γκοντελίτσας. «Γεωλογική Χαρτογράφηση: Ορυκτά – Συνθήκες μεταμόρφωσης – Πετρολογικοί τύποι». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL100>.

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 (1/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 3: Τα πρωταρχικά ορυκτά του σύμπαντος. Copyright Professor R. Hazen. Σύνδεσμος: <http://www.youtube.com/watch?v=PcktDStlfiQ>

Εικόνα 4: Η εξέλιξη των ορυκτών στη Γη. Copyright Mineralogical Society of America. Πηγή: Mineral evolution, American Mineralogist Vol 93, p. 1693-1720 (2008). By Hazen R.M., Papineau D., Bleeker W., Downs R. T., Ferry J.M., McCov T. J., Sverjensky D. A., Yang H.

Εικόνα 5: Η εξέλιξη της γης με το χρόνο. Ελεύθερη Διανομή.

Εικόνα 8: Απόκομμα εφημερίδας. Copyright Εφημερίδα «Τα ΝΕΑ», 2005.

Εικόνα 10: Λεπτή τομή ζirkονίου. Copyright London's Global University, 2015. Σύνδεσμος: <http://www.ucl.ac.uk>

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 13: Ζιρκόνιο στο SEM. Copyright San Diego State University. Σύνδεσμος:
<http://www.sci.sdsu.edu/cos/index.php>

Εικόνα 15,18: Εργασία υπαίθρου. Copyright Open University, 2010. Σύνδεσμος:
<http://www.open.ac.uk/>

Εικόνα 16,17: Κλίμακα σκληρότητας Mohs. Copyright L.B. Railsback, University of Georgia, USA. Σύνδεσμος: <http://www.gly.uga.edu/railsback/FundamentalsIndex.html>

Εικόνα 19: Φορητό XRF. Copyright Hebrew University of Jerusalem, 2015. Σύνδεσμος:
<http://new.huji.ac.il/en>

Εικόνα 20-21: Φορητό XRD. Copyright InnovXCanada, 2015. Σύνδεσμος:
https://innovx.ca/TERRA_CTIS.html

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 22: Φορητό XRD-XRF. Copyright Elsevier. Πηγή: The Rio Tinto Basin, Spain: Mineralogy, sedimentary geobiology, and implications for interpretation of outcrop rocks at Meriiani Planum, Mars – Earth and Planetary Science Letters, Vol 240, Issue 1 (2005), pp. 149-167. By Fernandez-Remolar D., Morris R.V., Gruener J.E., Amils R., Knoll A. H.

Εικόνα 23-24: Χρήση φορητών οργάνων από τη NASA. Copyright NASA. Σύνδεσμος: <http://www.nasa.gov>

Εικόνα 25: Καθηγητής εφαρμοσμένης ορυκτολογίας. Copyright Indiana University, 2015. Σύνδεσμος: <http://geology.indiana.edu/bish/index.html>

Εικόνα 32-34: Όργανα ανάλυσης. Copyright Westgalische Wilhelms-Universität Munster, 2015. Σύνδεσμος: <https://www.uni-muenster.de>

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 33-35: Όργανα ανάλυσης. Copyright Hebrew University of Jerusalem, 2015.

Σύνδεσμος: <http://new.huji.ac.il/en>

Εικόνες 36-37: Σειρά κρυστάλλωσης Bowen. Copyright Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington. Πηγή: The reaction principle in petrogenesis, Journal of Geology, Vol XXX, No 3 (1922), by N.L. Bowen.

Εικόνες 38-41: Χαλαζίας. Copyright mindat.org. Σύνδεσμος: <http://www.mindat.org/min-3337.html>

Εικόνα 43, 68 : Κλίμακα Mohs. Ελεύθερη διανομή. Σύνδεσμος: <http://theprocessofrocks.weebly.com>

Εικόνα 44, 69: HCl οξύ. Copyright Geology.com, 2005-2016. Σύνδεσμος: <http://geology.com/minerals>

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 46: Πολυμορφισμός SiO₂. Copyright S. Dutch, Natural and Applied Sciences, University of Wisconsin-Green Bay. Σύνδεσμος: <http://www.uwgb.edu/dutchs/sitemap.htm>

Εικόνα 47: Συνθήκες μεταμορφισμού. Copyright Mineralogical Society of America. Πηγή: Impact!-Bolides, craters and catastrophes, Elements Vol. 8 (2012) pp. 19-24

Εικόνα 48: Διάγραμμα φάσης SiO₂-CO₂. Copyright MacMillan Publishers Ltd., 2014. Πηγή: Carbon enters silica forming a cristobalite-type CO₂-SiO₂ solid solution, Nature Communications 5, Article number 3761 (2013) by Santoro M., Gorelli F.A., Bini R., Salamat A., Garbarino G., Levelut C., Cambon O. & Haines J.

Εικόνα 49: Διάγραμμα πυκνότητα-βάθους. Copyright Mineralogical Society of America. Πηγή: The upper mantle and transition zone, Elements Vol 4, No 3 (2008), pp. 171-176, by Frost D.J.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 50: Μπριντγκμανίτης. Copyright American Geophysical Union, 2015. Σύνδεσμος: <http://blogs.agu.org/geospace>

Εικόνα 51: Ο άνθρακας της Γης. Copyright Mineralogical Society of America. Πηγή: Carbon in Earth, Reviews in Mineralogy & Geochemistry Vol 75 (2013). Edited by R.M. Hazen, A. P. Jones & J.A. Baross

Εικόνα 52-54: Διαμάντι. Copyright mindat.org. Σύνδεσμος: <http://www.mindat.org/min-1282.html>

Εικόνα 55: Ο άνθρακας του μανδύα. Copyright MacMillan Publishers Ltd, 2014. Πηγή: Electrical conductivity during incipient melting in the oceanic low-velocity zone, Nature 509, Issue 7498, pp. 81-85 (2014), by Sifre D., Gardes E., Massuyeau M., Hashim L., Hier-Majumder S. & Gaillard F.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 56-57: Κρύσταλλοι επιδότου στα πετρώματα της Τήνου. Copyright MacMillan Publishers Ltd, 2014. Πηγή: Carbon dioxide released from subduction zones by fluid-mediated reactions, Nature Geoscience 7, 355–360 (2014) , by [Ague J.J.](#) & [Nicolescu S.](#)

Εικόνα 59: Άστριοι. Copyright mindat.org. Σύνδεσμος: <http://www.mindat.org/min-1624.html>

Εικόνα 60: Συηνίτης. Ελεύθερη διανομή.

Εικόνα 61-62: Διδυμίες αστρίων. Copyright StudyBlue Inc., 2015. Σύνδεσμος: <https://www.studyblue.com/notes/note/n/twinning/deck/235436>

Εικόνα 63: Διδυμίες αστρίων στο μικροσκόπιο. Copyright Union College. Σύνδεσμος: http://minerva.union.edu/hollochk/c_petrology/index.htm

Εικόνα 64: Κρύσταλλοι ασβεστίτη. Copyright mindat.org, 1993-2015.
Σύνδεσμος: <http://www.mindat.org>

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (8/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 65: Δομή ασβεστίτη. Copyright S. Dutch, Natural & Applied Sciences, University of Wisconsin-Green Bay. Σύνδεσμος: <https://www.uwgb.edu/dutchs/symmetry/symmetry.htm>

Εικόνα 66: Σκαληνόεδρο (scalenohedron) ασβεστίτη. Copyright Australian Museum, 2009. Σύνδεσμος: <http://australianmuseum.net.au/image/crystal-group-5-trigonal-scalenohedron>

Εικόνα 71: Πολύμορφα CaCO_3 . Ελεύθερη διανομή.

Εικόνα 73: Βιοασβεστίτης. Copyright Max-Planck-Gesellschaft, 2003-2015.

Σύνδεσμος: <http://www.mpimp-golm.mpg.de>

Εικόνα 74,75: Περιβάλλοντα ιζηματογένεσης. Copyright Springer 2014. Πηγή: Petrology, Principles and Practice. Edited by Sen Gautam.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (9/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 76: Περιβάλλοντα ιζηματογένεσης. Copyright Cambridge University Press, 2013.

Πηγή: Biogeochemical dynamics at major river-coastal interfaces. Edited by T.S. Bianci & M.A. Allison.

Εικόνα 77: Σχηματισμός ασβεστίτη. Copyright Dr. Manfred Stock, Postdam Institute for Climate Impact Research. Σύνδεσμος: <https://www.pik-potsdam.de/members/stock/vortrage-presentations>

Εικόνα 78-79: Σχηματισμός ασβεστίτη. Copyright L.B. Railsback, University of Georgia, USA. Σύνδεσμος: <http://www.gly.uga.edu/railsback/FundamentalsIndex.html>

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (10/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 80: Μεταβολή του λόγου Mg/Ca στους ωκεανούς. Copyright SEPM, 2010. Πηγή: Increased Production of Calcite and Slower Growth for the Major Sediment-Producing Alga *Halimeda* as the Mg/Ca Ratio of Seawater is Lowered to a “Calcite Sea” Level, *Journal of Sedimentary Geology*, v.80 (2010), pp.6-16, by S.M. Stanley, J.B. Ries & L.A. Hardie

Εικόνα 81: Μεταβολή του λόγου Mg/Ca στους ωκεανούς. Copyright American Chemical Society. Πηγή: Effects of Global Seawater Chemistry on Biomineralization: Past, Present, and Future, *Chem, Rev.* 108(11), pp.4483-4498 (2008), by S.M. Stanley

Εικόνα 91: Βιοτίτης. Copyright Αριστοτέλειο Παν. Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας.
Σύνδεσμος: <http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo212y/index.htm>

Εικόνα 94: Αργιλικά ορυκτά. Copyright Springer-Verlag, 2008. Πηγή: The origin of clay minerals in soils and weathered rocks. Edited by B. Velde and A. Meunier

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (11/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 95-96: Νανοκλίμακα των αργιλικών. Copyright Mineralogical Society of Great Britain.
Πηγή: Probing the nanoscale architecture of clay minerals, Clay Minerals vol. 45 no. 3 (2010), pp. 245-279, by C.T. Johnston

Εικόνα 97: Αργιλικά στο TEM. Copyright Centro de Instrumentacion Cientifica. Σύνδεσμος:
<http://cic.ugr.es/>

Εικόνα 103-104: Γρανάτης. Copyright mindat.org. Σύνδεσμος:
<http://www.mindat.org/gm/10272>

Εικόνα 105-106: Γρανάτες. Copyright Αριστοτέλειο Παν. Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας.
Σύνδεσμος: <http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo212y/index.htm>

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (12/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 107: Ονοματολογία γρανατών. Copyright Mineralogical Society of America. Πηγή: Nomenclature of the garnet supergroup, American Mineralogist vol. 98 (2013), pp. 785-811, by E.S. Grew, A.J. Locock, S.J. Mills, I.O. Galuskina, E.V. Galuskin & U. Halenius

Εικόνα 108, 113: Γρανάτες. Copyright Mineralogical Society of America. Πηγή: Metamorphism: From patterns to processes, Elements Vol. 6 (2010), pp. 149-152, by B. Jamtveit.

Εικόνα 109: Μεταμορφικοί ιστοί. Copyright Willey-Blackwell, 2002. Πηγή: Igneous and metamorphic petrology, 2nd Ed. Edited by M.G. Best

Εικόνα 111: Λεπτές τομές μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Copyright Cambridge University Press, 2013. Πηγή: Essentials of Igneous and Metamorphic Petrology, by B.R. Frost & C.D. Frost.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (13/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 112: Παραδείγματα μεταμορφικών ορυκτών. Copyright The Open University, 2010.
Σύνδεσμος: <http://www.open.ac.uk>

Εικόνα 114: Συνθήκες μεταμόρφωσης. Copyright Cambridge University Press, 2013. Πηγή:
Essentials of Igneous and Metamorphic Petrology, by B.R. Frost & C.D. Frost.

Εικόνα 115: Μεταμόρφωση υπερ-υψηλής πίεσης (UHPM). Copyright Reagents of the
University of California, 2015. Σύνδεσμος: <http://www.geol.ucsb.edu>

Εικόνα 116: Περιβάλλοντα μεταμόρφωσης. Copyright Cambridge University Press, 2013.
Πηγή: Essentials of Igneous and Metamorphic Petrology, by B.R. Frost & C.D. Frost.

Εικόνες 117-118: Προσωπογραφίες. Ελεύθερη διανομή.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (14/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 119: Σειρές σταθερότητας και αποσάθρωσης. Copyright Cambridge University Press, 2013. Πηγή: Essentials of Igneous and Metamorphic Petrology, by B.R. Frost & C.D. Frost.

Εικόνα 124: Σειρά Goldich. Copyright University of Chicago Press. Πηγή: A study in Rock-Weathering, Journal of Geology, Vol. 46 no 1 (1938), pp. 17-58, by S.S. Goldich

Εικόνα 141: Δημιουργία καρστ. Ελεύθερη διανομή.

Εικόνα 142: Δημιουργία καρστ. Copyright Marshall University. Σύνδεσμος:

<https://www.pinterest.com/pin/360076932678506203>