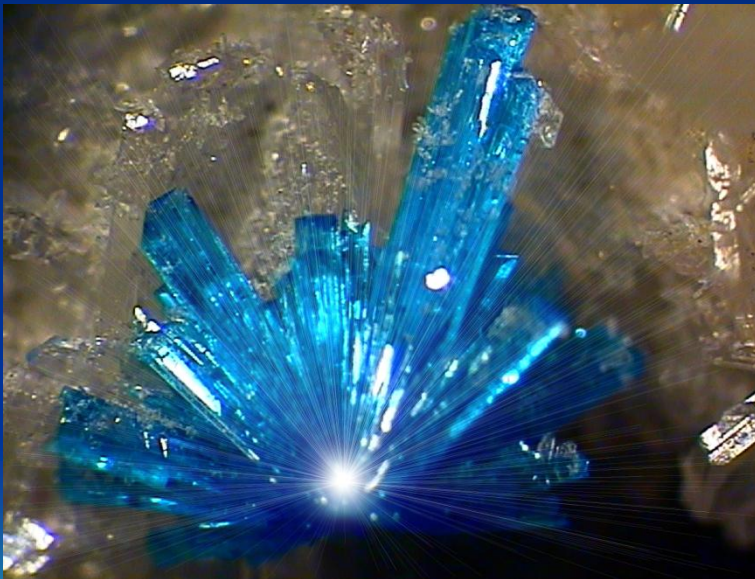




ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
—ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837—

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Υποχρεωτικό Μάθημα 1ου Εξαμήνου :

**ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ-
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ
(Υ1205)**



[ΑΡΧΙΚΗ](#) » [ΤΜΗΜΑ](#) »

ΙΣΤΟΡΙΑ

1970-2020: 50 χρόνια Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος

[ΤΜΗΜΑ:](#) _____



Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837

Αναζήτηση...

Βασικές Επιλογές

- Μαθήματα
- Εγγραφή
- Εγχειρίδια
- Σχετικά
- Συνές ερωτήσεις
- Επικοινωνία

Πλατφόρμα Τηλεκπαίδευσης



Σύνδεση χρήστη

Είσοδος Χρηστών Παν. Αθηνών

[Είσοδος](#)

ή

[Είσοδος Επισκεπτών](#)

Η πλατφόρμα **η-τάξη ΕΚΠΑ** αποτελεί ένα ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Ηλεκτρονικών Μαθημάτων. Ακολουθεί τη φιλοσοφία του λογισμικού ανοικτού κώδικα και υποστηρίζει την υπηρεσία Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης χωρίς περιορισμούς και δεσμεύσεις. Η πρόσβαση στην

Συνδεδεμένοι χρήστες: 1706



ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΟΔΗΓΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ



ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ
2020-2021

ΑΘΗΝΑ 2020



Κεφάλαιο 0

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Η επιστήμη της Γεωλογίας θεωρείται από πολλούς ως μια «νέα» επιστήμη, παρά το γεγονός ότι οι πρώτες γεωλογικές ή γεωλογικού τύπου πραγματείες γράφτηκαν κατά την αρχαιότητα με κυριότερα τα έργα του Αριστοτέλη, του Θεόφραστου, του Στράβωνα, του Πλίνιου, κ.α. Η βραδύτερη εξέλιξη της Γεωλογίας, σε σχέση με τις «παραδοσιακές» Θετικές Επιστήμες, οφείλεται εν μέρει στην αδυναμία του ανθρώπου να αντιληφθεί τη χωρική και κυρίως τη χρονική κλίμακα που διέπει τις γήινες διεργασίες που τελούνται συχνά μπροστά στα μάτια μας. Η παρατήρηση και μελέτη στον παρόντα χρόνο παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα γεγονότα που έλαβαν χώρα στο παρελθόν (μακρινό ή/και πρόσφατο), ενώ παράλληλα προϊδεάζει για την πιθανή μελλοντική εξέλιξη, έννοιες που σχετίζονται άρρηκτα με το Γεωλογικό Χρόνο και το Γεωλογικό Κύκλο. Για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα η θεώρηση της Γης παρέμενε προσκολλημένη σε θεωρίες και απόψεις που λειτουργούσαν αξιωματικά, όπως ο «Δημιουργισμός» και ο «Καταστροφισμός».

Η επιστήμη της Γεωλογίας δεν βασίζεται σε αξιώματα. Οι βασικές και θεμελιώδεις αρχές της υπέστησαν διαχρονικά σφοδρή αμφισβήτηση και αποτέλεσαν αντικείμενο έντονης αντιπαράθεσης μέχρι που πρωτοποριακές θεωρίες, όπως η «Θεωρία των Λιθοσφαιρικών Πλακών», καθιερώθηκαν φέρνοντας την επανάσταση στον τρόπο αντίληψης και θεώρησης της Γης που εφ' εξής θεωρείται ένα βιογεωδυναμικό σύστημα συνεχώς εξελισσόμενο στο χώρο και το χρόνο. Η

πυρήνα και από τη μέγα-στη νάνο- κλίμακα και ακολούθως στη μοντελοποίηση τους. Για παράδειγμα, η δυνατότητα μελέτης με δορυφορικές μεθόδους, η ανάλυση και χρονολόγηση πετρωμάτων και απολιθωμάτων, ακόμη και σε μικροσκοπική και υπο-μικροσκοπική κλίμακα, σε συνδυασμό με μια σειρά άλλων επιστημονικών μεθόδων, έδωσαν νέα ώθηση ως προς την επίλυση ερευνητικών ερωτημάτων, που άπτονται του ευρύτερου επιστημονικού πλαισίου.

Η Γεωλογία, ως διακριτή πλέον επιστήμη, αποτελείται από εξειδικεύσεις πολλών επιμέρους κλάδων-, βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας, όπως η Ορυκτολογία, η Πετρολογία, η Φυσική Γεωγραφία, η Παλαιοντολογία, η Στρωματογραφία, η Κλιματολογία, η Σεισμολογία, η Τεκτονική, η Γεωχημεία, η Γεωφυσική, η Ηφαιστειολογία, η Κοιτασματολογία, η Υδρογεωλογία, η Γεωθερμία, Εδαφο-/Βράχο-Μηχανική, η Γεωλογική Ωκεανογραφία, η Περιβαλλοντική, και η Πλανητική Γεωλογία. Επιπλέον, η αξιοποίηση από τη Γεωλογία μιας σειράς συγγενών και μη επιστημών (από τα Μαθηματικά, τη Μηχανική, τη Χημεία, τη Βιολογία, έως και την Ιατρική και Αρχαιολογία) προσδίδει στο γεωεπιστήμονα μια ολιστική φιλοσοφία διαχείρισης και αντιμετώπισης του ερευνητικού του αντικείμενου. Ο Γεωλόγος, ως επιστήμων, είναι εφοδιασμένος κατά τρόπο που να μπορεί να ανταποκριθεί στις προκύπτουσες πολυ-παραγοντικές, πολυ-παραμετρικές και διεπιστημονικές προκλήσεις. Ωστόσο, ο Γεωλόγος εξακολουθεί να είναι ο επιστήμονας που αντλεί τα πρωτογενή του δεδομένα



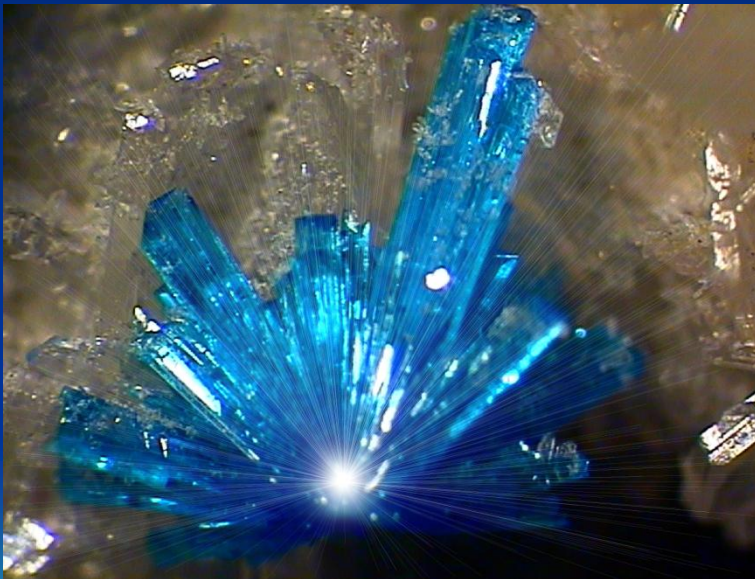
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
—ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837—

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Δρ. Αθανάσιος Γκοντελίτσας

Αναπλ. Καθηγητής
Ορυκτολογίας-
Ορυκτοχημείας

Γραφείο 153



Dr. Athanasios Godelitsas

School of Science

National and Kapodistrian University of Athens

Home >

Main menu

- » [CV](#)
- » [Publications](#)
- » [Group](#)
- » [Teaching](#)
- » [Contact](#)
- » [Pictures](#)

* NEWS *

Glad to be invited speaker at **ZEOLITE 2018** in Krakow

NEW Project (DAAD), about Nanogeoscience of the marine environment, in collaboration with University of Bremen

NEW Erasmus+ Agreement at University of Oulu (Finland), concerning teaching & research

Our NEW paper, on the role of nano-perovskite in the negligible thorium release in seawater from Greek bauxite residue (red mud), just accepted in [Scientific Reports](#)

Our NEW paper, on amorphous As-sulfide precipitates from the shallow-water hydrothermal vents off Milos Island (Greece), accepted in [Marine Chemistry](#)

Welcome!



Athanasios Godelitsas (born 9 August 1967) received his PhD in chemistry from Aristotle University (Greece) and then he did a postdoc in mineral surface science and nanogeoscience at the group of Prof. A. Putnis at University of Muenster (Germany). He is an Assoc. Professor of **Mineralogy-Mineral Chemistry** at National & Kapodistrian University of Athens (NKUA, Greece), Visiting Professor of Environmental Mineralogy and Geochemistry at Complutense University of Madrid (Spain) and Erasmus+ Visiting Professor at University of Oulu (Finland).

He is actively involved in a wide range of research areas in modern mineralogy, mineral-chemistry and geochemistry. For this purpose he mainly uses electron and atomic force microscopies, surface analytical techniques and accelerator/Synchrotron-based spectroscopies.

Dr. Godelitsas is President of the **International Natural Zeolite Association (INZA)**, National Representative and Member of the CNMNC of the International Mineralogical Association (IMA), President of the Scientific Society of the Mineral Wealth Technologists of Greece, member of the European Association of Geochemistry and of the Geochemical Society (USA).



<http://users.uoa.gr/~agodel/>

Highlights of Earth & Environmental Sciences

See also: [Mineralogy](#), [Geochemistry](#), [Mineral Surfaces & Nanogeoscience](#) at [Scoop.it!](#)

Selected recent Discoveries [\[link\]](#)

Most important works on the Geology & the Environment of Greece [\[link\]](#)

Mineralogy and Geochemistry: Past, Present and Future [\[link\]](#)

Dr. Athanasios Godelitsas

School of Science

National and Kapodistrian University of Athens

[Home](#) > [Past, Present and Future](#)

Main menu

- » [CV](#)
- » [Publications](#)
- » [Group](#)
- » [Teaching](#)
- » [Contact](#)
- » [Pictures](#)
- » [Press](#)
- » [Links](#)



HELLENIC REPUBLIC
National and Kapodistrian
University of Athens

Mineralogy and Geochemistry: Past, Present and Future

HISTORY OF MINERALOGY IN GREECE
ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Mikrophographien
MINERALIEN UND GESTEINEN
VON
S. MEYROWITZ

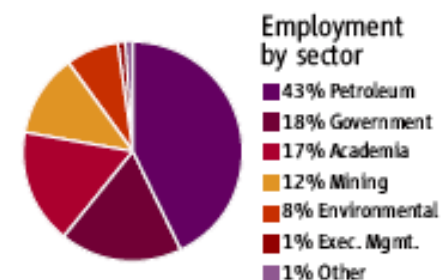
Mineral	Grav.	Sp.	Fr.	Cl.	Pr.	Py.	Py.	Py.	Py.
Alumina	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Quartz	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Orthoclase	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Plagioclase	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Pyroxene	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Amphibole	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Calcite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Dolomite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fluorite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Barite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Monazite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Uraninite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Apatite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Staurolite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Andalusite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Kyanite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Sillimanite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Staurolite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Andalusite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Kyanite	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Sillimanite	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Κρηνίς
The Krenis is a small stream in the mountains of the Peloponnese, Greece. It is a natural wonder and a source of fresh water. The water is very pure and is used for drinking and irrigation. The stream is surrounded by lush vegetation and is a beautiful sight to see.

Παναγιώτης Κρηνίτης
The Krenitis is a small stream in the mountains of the Peloponnese, Greece. It is a natural wonder and a source of fresh water. The water is very pure and is used for drinking and irrigation. The stream is surrounded by lush vegetation and is a beautiful sight to see.



GEOSCIENCE STATS



Starting Salaries

	AVERAGE (\$)	MEDIAN (\$)
Geoscience Masters		
Oil and Gas	81,300	82,500
Environmental Firm	47,500	45,500
Any Government	46,200	45,000
Geoscience Ph.D.s		
Postdoc—Academe	43,100	42,000
Postdoc—Gov't.	55,200	53,000
Permanent Academe	51,900	52,500
Private Sector	72,600	71,000

CAREERS

OPPORTUNITY Research foundation hires in-house specialists p37

STABILITY More physics PhD holders find permanent positions p37

GETTING JOBS For the latest career listings and advice www.naturejobs.com



A petroleum pipeline at Anacortes, Washington.

GEOSCIENCE

Ups and downs

Unsettled markets lead to shifting employment prospects for petroleum geoscientists.

BY VIRGINIA GEWIN

Steep declines in oil prices have decimated oil companies' profits and squeezed a once-booming demand for petroleum geoscientists. In a one-two punch, the price of oil plunged to a 12-year low and energy companies were forced to slash tens of thousands of jobs and slash their oil- and gas-exploration budgets.

The situation is the worst for some time. In January, the price of oil fell to less than US\$26 per barrel, down from more than \$109 per barrel in 2014 — squashing short-term employment

prospects for geologists and geophysicists. Shell, one of the sector's largest companies, has already announced the loss of about 10,000 jobs, and its competitors Chevron and BP have also revealed cuts that number in the thousands. Worldwide, graduate programmes that for decades have been the leading suppliers of talent to energy companies can no longer instantly place their freshly hatched master's-level geoscientists.

"We've had at least a 50% drop in hiring — some major companies are not hiring at all," says Maurice Riess, director of the geosciences career centre at the University of Texas at Austin,

which historically has been a main pipeline for energy-company recruitment. And the master's programme in integrated petroleum geoscience at the University of Aberdeen, UK, another long-time provider, has also felt the impact: last year, one-quarter of its graduates could not immediately get industry jobs. Some of those who were hired elsewhere found roles in risk analysis or finance — fields that are distant from those in which they have trained.

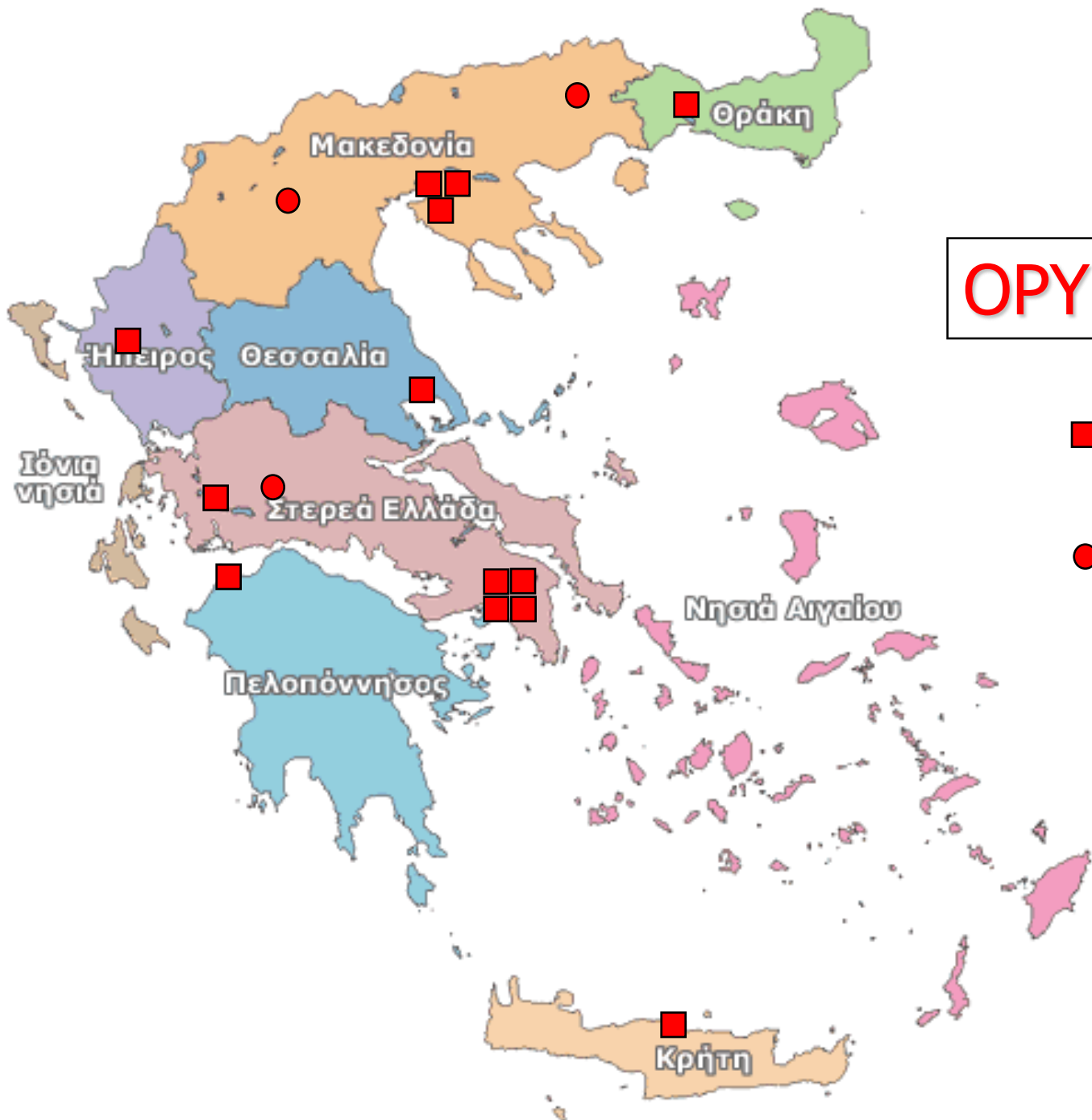
Energy analysts predict a dim outlook for those seeking positions in geoscience for at least the next year (see 'Survival tips for petroleum geoscientists'). But demand for expertise in geology and geophysics is expected to grow in the longer term across the oil and gas industries owing to a pending wave of retirements, a growing demand for technical and leadership skills and a continuing need for oil. Analysts also foresee an increasing demand for this expertise in the environmental sector, notably in impact mitigation — the development and implementation of ways to reduce or eliminate the effects of oil and gas exploration and extraction on the environment.

ENERGY UNCERTAINTY

Instability is not unusual in the energy sector, and this most recent decline in the price of oil is due, very simply, to a glut of oil on the market. Between 2000 and 2008, the price of oil rose sharply and peaked at a record high of almost \$150 per barrel. But then a global recession sent the price down to about \$40 per barrel by the end of 2008. Although the subsequent economic recovery lifted the price over the next five years, by mid-2014, the price began to drop once more as demand decreased. And at the same time, production has risen in the Middle East, the United States and Canada. These factors have combined to create an unusual excess of oil.

Boom-bust cycles in the sector have produced an uneven workforce demographic that could actually mean good news for early-career geologists over the next five to ten years. The American Geosciences Institute (AGI) in Alexandria, Virginia, a network of associations that represents geoscientists, foresees a shortage of at least 1.75 million professionals in the United States by 2022. Its forecast derives in part from the fact that many US geoscientists will soon be at or near retirement age. In academia, for example, the average faculty member in the United States is aged 60. "Half the industry's workforce is retiring in the next several years — with or without the downturn. That's a pretty big human-capacity gap that will have to get

THE UNIVERSITY



ΟΥΥΚΤΟΛΟΓΙΑ

■ ΑΕΙ

● ΑΤΕΙ

STUDIENORTE IN DEUTSCHLAND

... für das Studium der Mineralogie bzw. Geowissenschaften
mit Spezialisierung in Mineralogie

MINERALOGIE

● Diplom

GEOWISSENSCHAFTEN

● Diplom

▲ Bachelor/Master of Science

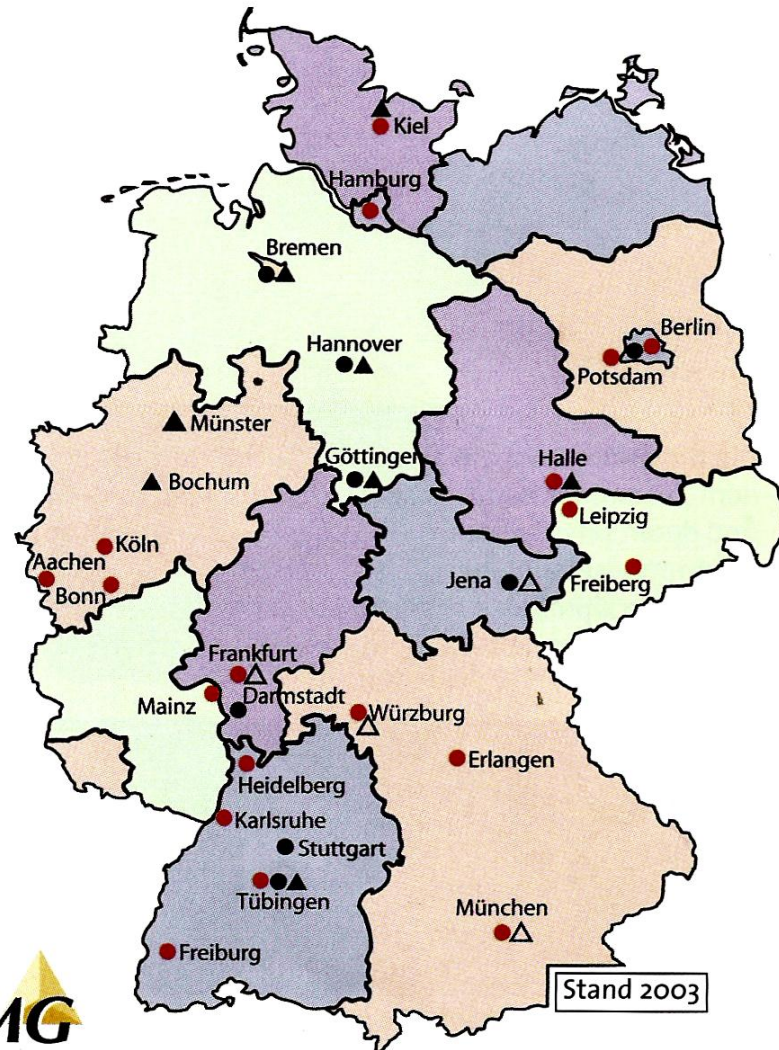
△ BSc/MSc in Vorbereitung

Informationen zum gewünschten Studienort
sind auf der Homepage der jeweiligen Univer-
sität abrufbar unter **www.uni-Stadtname.de**

Die Zentralen Studienberatungen der Unis
geben ebenfalls Auskunft.

Weitere Infos sind auch auf unserer Homepage
oder direkt bei uns per e-mail zu erfragen:

www.dmg-home.de
dmg@uni-frankfurt.de





https://www.uoa.gr



Search



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —



ΙΣΤΟΡΙΑ ΠΟΥ ΔΙΔΑΣΚΕΙ ΓΝΩΣΗ ΠΟΥ ΕΞΕΛΙΣΣΕΤΑΙ

ΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

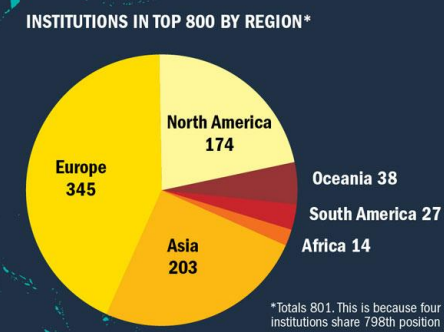
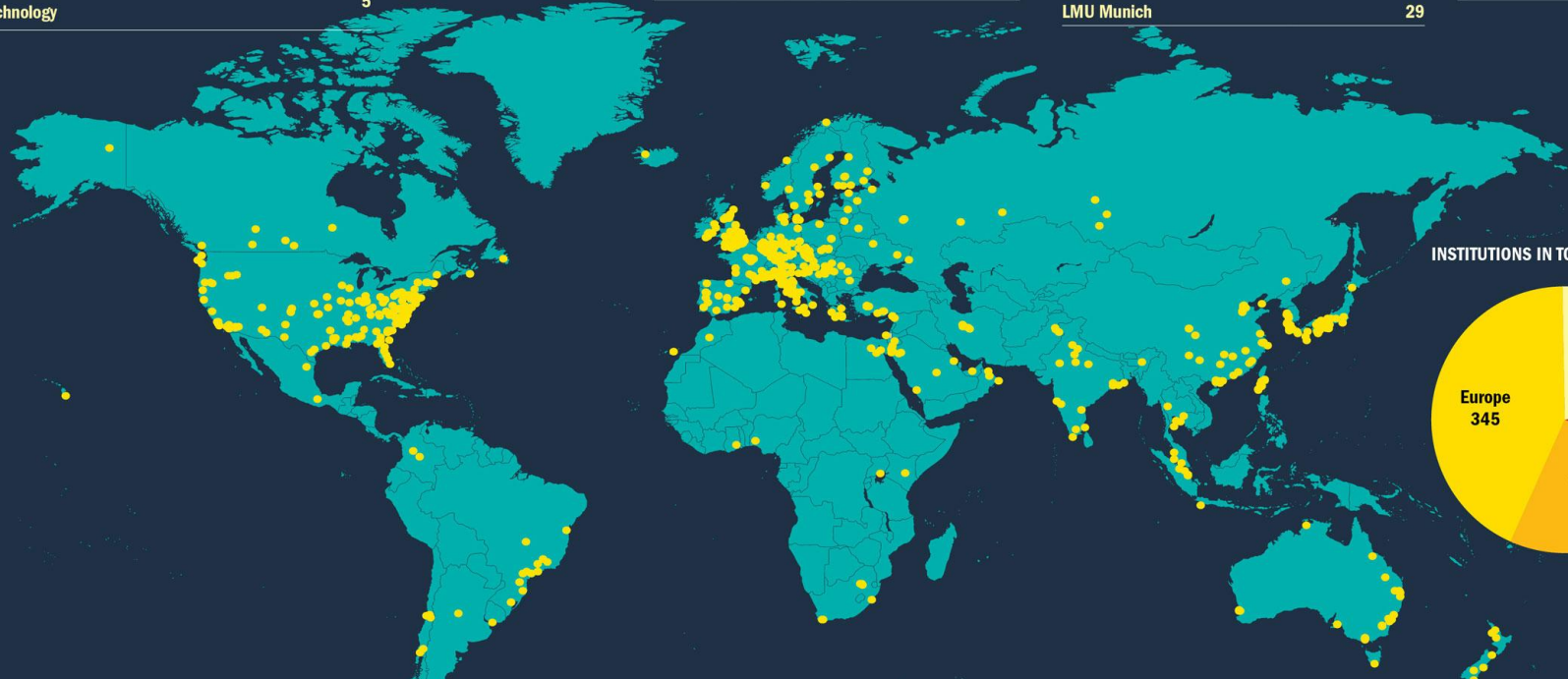


North America	2015-16 position
California Institute of Technology	1
Stanford University	3
Massachusetts Institute of Technology	5

UK	2015-16 position
University of Oxford	2
University of Cambridge	4
Imperial College London	8

Europe (excluding UK)	2015-16 position
ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich	9
Karolinska Institute	28
LMU Munich	29

Asia	2015-16 position
National University of Singapore	26
Peking University	42
University of Tokyo	43



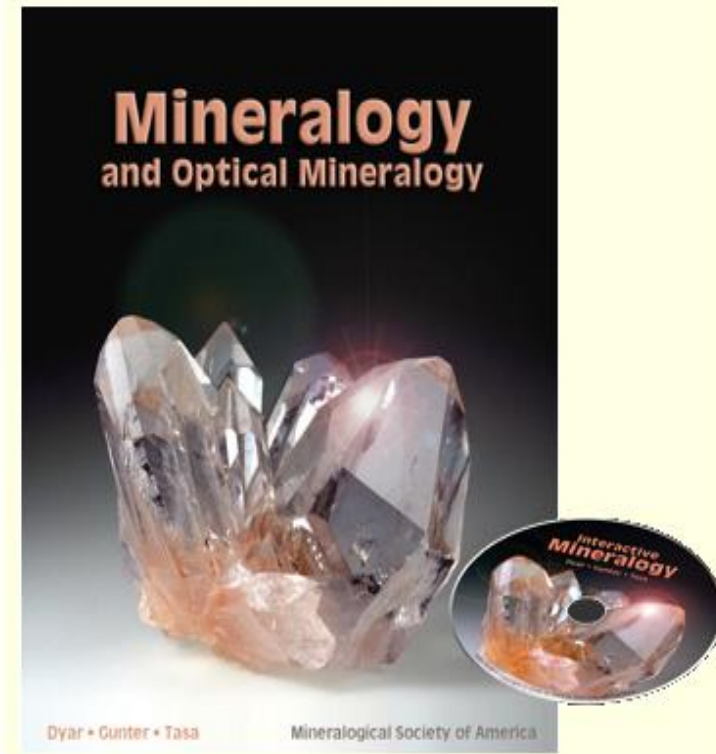
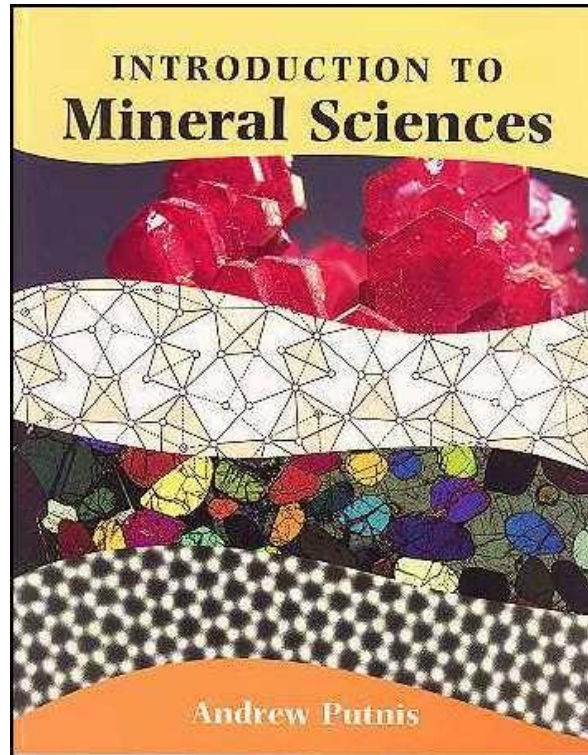
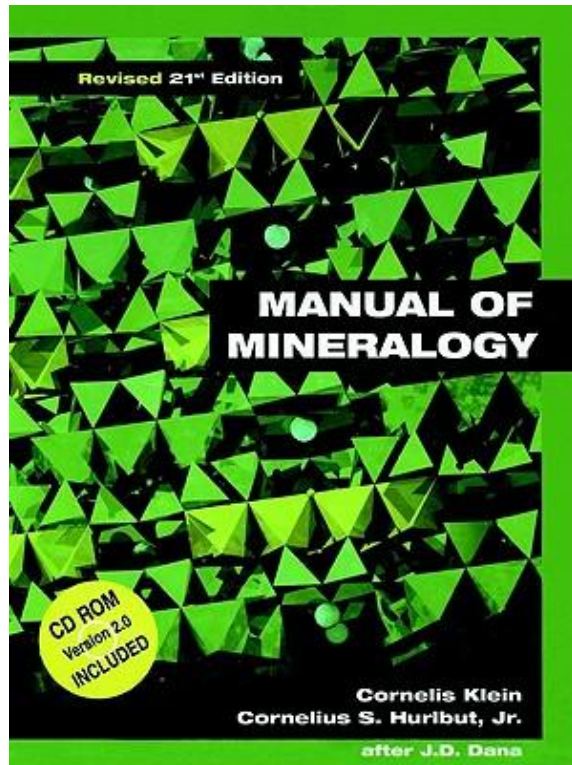
South America	2015-16 position
University of São Paulo	251-300
University of Palermo, Argentina	351-400
State University of Campinas	351-400

Africa	2015-16 position
University of Cape Town	=120
University of the Witwatersrand	201-250
Stellenbosch University	301-350

Oceania	2015-16 position
University of Melbourne	33
Australian National University	52
University of Sydney	=56

351–400	University of Crete Greece	13,321	23.4	4%	62 : 38
501–600	National and Kapodistrian University of Athens Greece	57,697	28.4	10%	62 : 38
601–800	Aristotle University of Thessaloniki Greece	46,505	26.8	5%	58 : 42
601–800	University of Ioannina Greece	21,902	44.3	3%	47 : 53
601–800	National Technical University of Athens Greece	14,133	20.6	8%	33 : 67
601–800	University of Thessaly Greece	17,004	38.9	4%	51 : 49

**ΒΑΣΙΚΑ ΒΙΒΛΙΑ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ (& ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑΣ*)
ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΛΗΦΘΕΙ ΥΠΟΨΗ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ**



*ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ

American Mineralogist, Volume 63, pages 840–846, 1978

How much crystallography should we teach geologists?

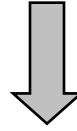
GABRIELLE DONNAY AND J. D. H. DONNAY

*Department of Geological Sciences, McGill University
Montreal, PQ, Canada H3A 2A7*

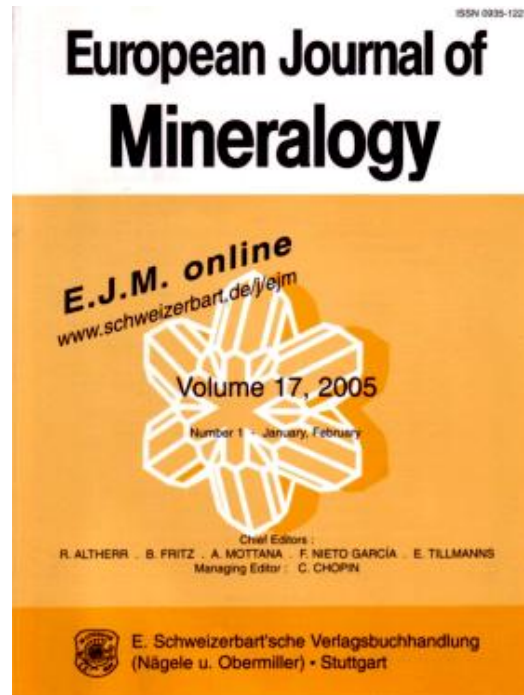
Abstract

A crystallography course, consisting of 24 lectures and 12 three-hour laboratory periods, is shown to cover the foundations of morphological as well as structural crystallography. It is meant to give the entering geology student the basic crystallographic understanding on which to build the solid knowledge of minerals without which no study of rocks is conceivable. Facing his overwhelming responsibility, the crystallography teacher in a geology department must select his topics with extreme care and strive to impart the know-why as well as the know-how. A realistic goal is to bring the student to a point where he can: *morphologically*, get all information from the external form (to be able to find the morphological space group of a euohedral crystal) and, *structurally*, understand how a crystal structure is built and how it can be solved by diffraction (to be able to build a crystal-structure model after studying a structure paper in the literature).

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ



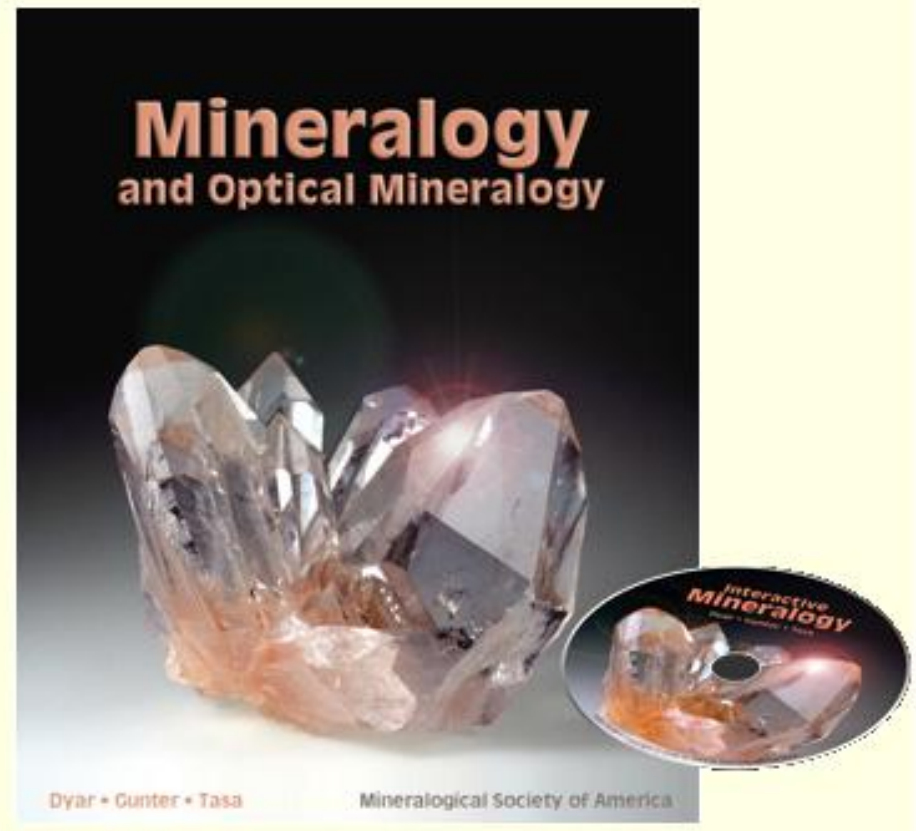
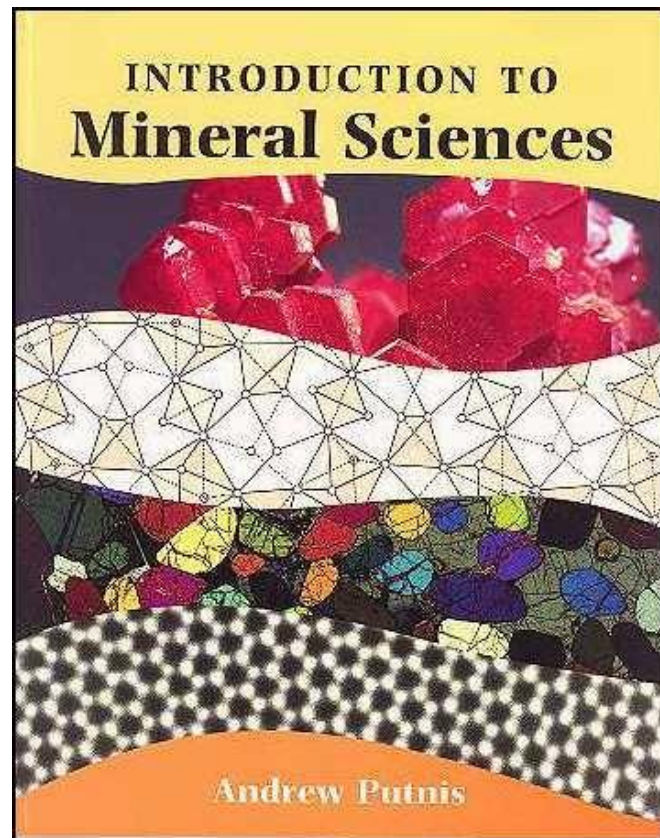
ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ



ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ



ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΒΙΒΛΙΑ



ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ



Argentina



Australia



Austria

Belgium



Brazil



Bulgaria



Canada

China



Croatia



Czech Republic

Denmark

Egypt



Finland



France



Germany



Greece



Hungary



India

Israel



Italy

Japan



Korea

(South)



Netherlands

New Zealand

Norway



Poland

Portugal



Romania



Russia

Slovakia



Africa

South



Spain

Sweden



Switzerland



Ukraine



United Kingdom



USA

Uzbekistan



INTERNATIONAL
MINERALOGICAL
ASSOCIATION

European
Mineralogical
Union



Καλώς ήρθατε στην

ΕΛΛΗΝΙΚΗ
ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ
ΕΤΑΙΡΙΑ

Welcome to

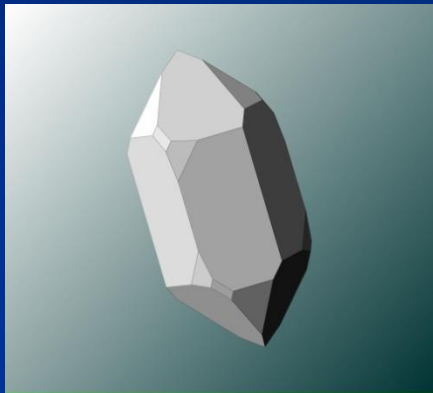
GEOLOGICAL
SOCIETY OF
GREECE

<http://www.geosociety.gr>



<http://www.mindat.org>

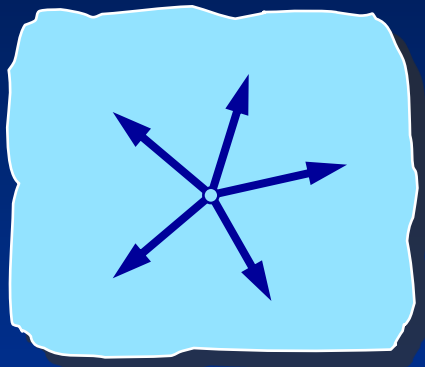
ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ (MINERALOGY)



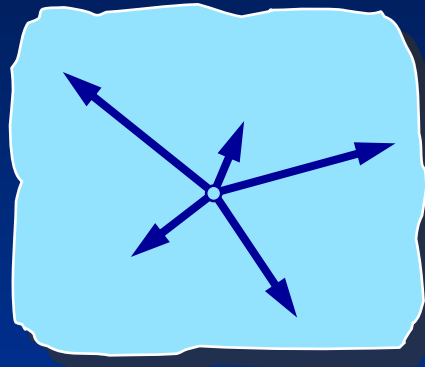
Ορυκτά (Minerals)



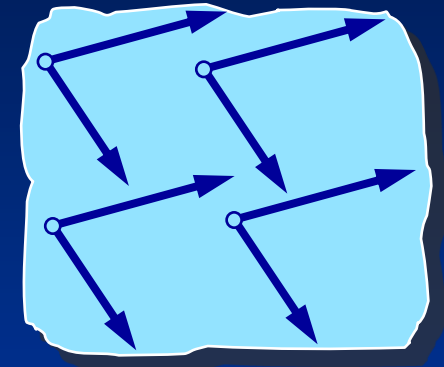
Ορυκτά είναι τα ομογενή φυσικά σώματα από τα οποία αποτελείται ο στερεός φλοιός της Γής



Σώμα Ισότροπο



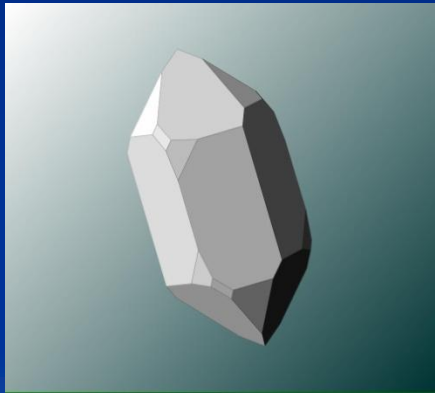
Σώμα Ανισότροπο



Σώμα Ομογενές

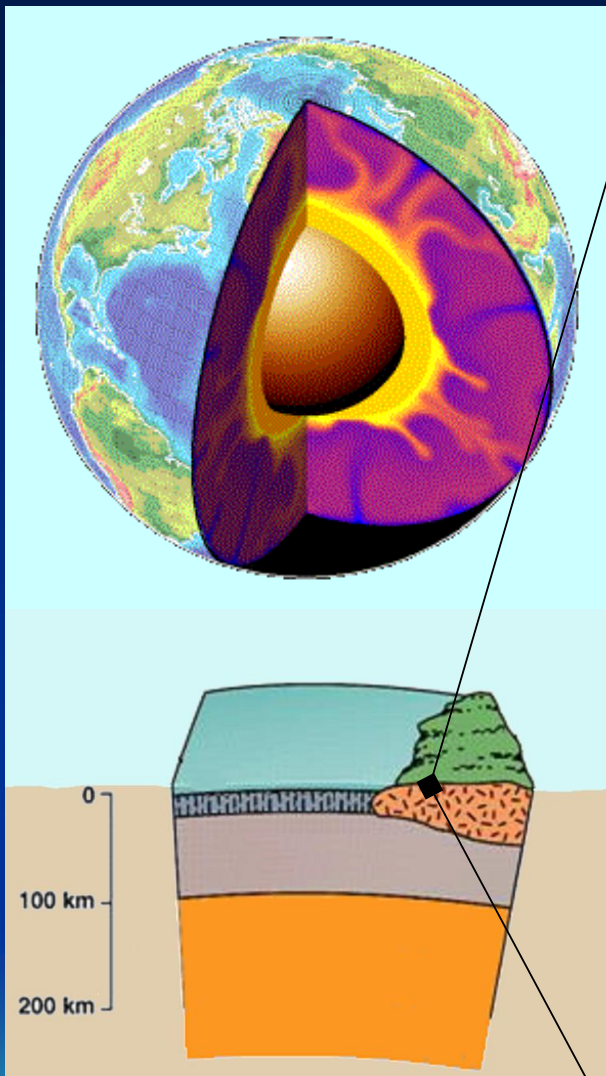
Τα ορυκτά είναι φυσικώς εμφανιζόμενες ανόργανες ενώσεις, συνήθως κρυσταλλικές, έχουν καθορισμένη χημική σύσταση και φυσικές ιδιότητες, και έχουν σχηματισθεί ως αποτέλεσμα γεωλογικών διεργασιών

Ορυκτό είναι ένα ομογενές στερεό σώμα, το οποίο σχηματίζεται με φυσικές διεργασίες*, και έχει δομή με κανονική ατομική διάταξη** η οποία θέτει όρια στο εύρος της χημικής του σύστασης και του προσδίδει τις χαρακτηριστικές φυσικές του ιδιότητες



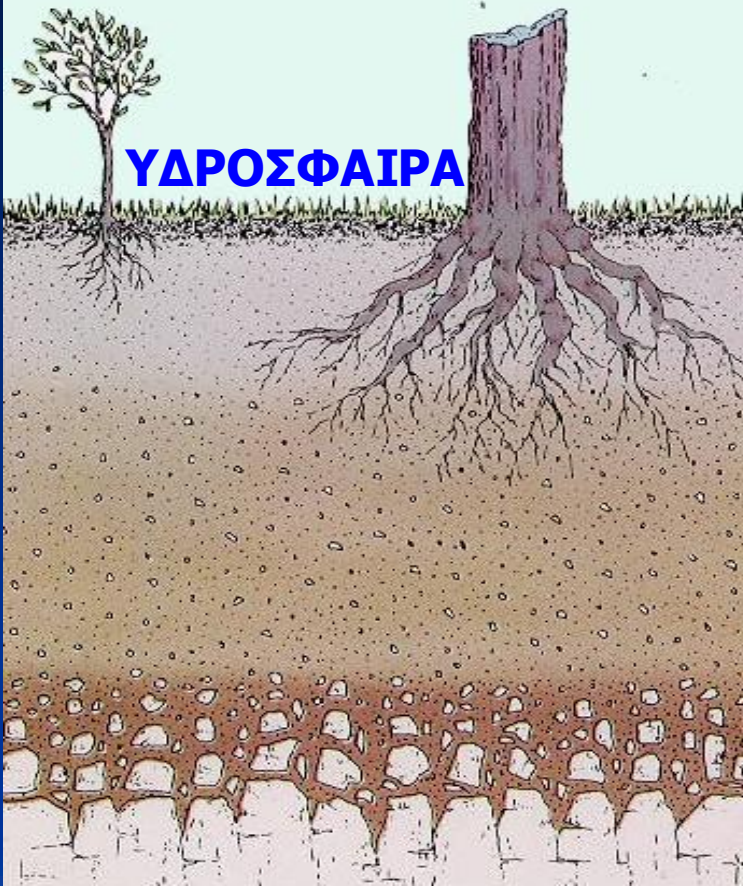
* Τα ορυκτά είναι φυσικά (natural) στερεά υλικά, δηλ. φυσικώς σχηματιζόμενες χημικές ενώσεις, και είναι δημιουργήματα της Φύσης, σε αντίθεση με τα συνθετικά (synthetic) υλικά που είναι δημιουργήματα νοήμονων όντων

** Κρυσταλλικότητα - Συμμετρία



ΟΡΥΚΤΑ ΣΤΗ ΓΗ

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ



ΥΔΡΟΣΦΑΙΡΑ

ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΑ

ΓΕΩΣΦΑΙΡΑ ΒΙΟΣΦΑΙΡΑ

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ

είναι ο κλάδος των Θετικών Επιστημών,
που άπτεται της Χημείας, της Φυσικής,
και των Μαθηματικών, και ασχολείται
με την
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ

Η διερεύνηση της χημικής σύστασης και
των χημικών ιδιοτήτων των Ορυκτών
ονομάζεται **ΟΡΥΚΤΟΧΗΜΕΙΑ**



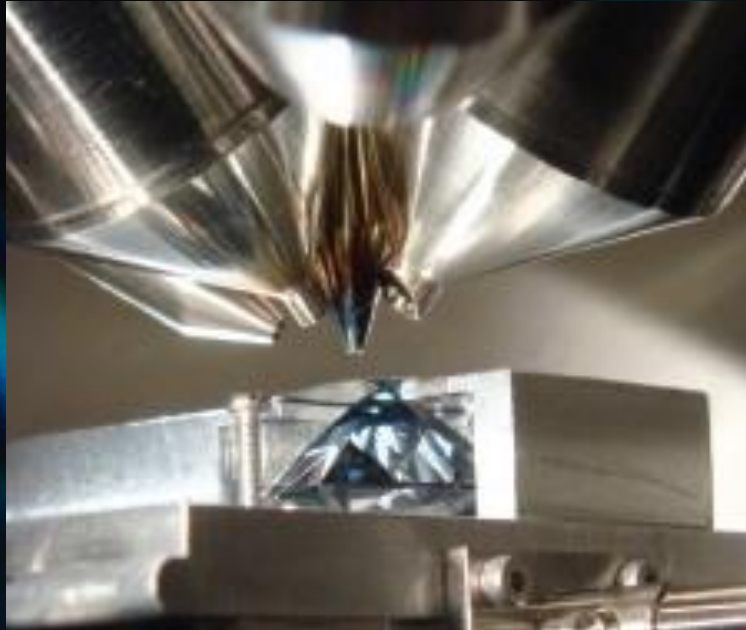
Η Ορυκτολογία έχει άμεση σχέση με την
Κρυσταλλογραφία (Crystallography),
την Πετρολογία (Petrology),
την Γεωχημεία (Geochemistry),
και την Επιστήμη των Υλικών (Materials' Science)
και αποτελεί βασικό και αναπόσπαστο πεδίο
των Γεωλογικών και Περιβαλλοντικών Επιστημών



Η Ορυκτολογία αποτελεί επίσης σημαντικό αντικείμενο της Γεωμορφολογίας, της Εδαφολογίας, της Μεταλλουργίας, της Χημικής Τεχνολογίας, της Ωκεανογραφίας, της Οδοντιατρικής, της Μικροβιολογίας, της Κοσμετολογίας, της Αρχαιολογίας, της Συντήρησης Έργων Τέχνης, και των Πλανητικών Επιστημών



ΓΕΜΜΟΛΟΓΙΑ



Elements

June 2009
Volume 5, Number 3
ISSN 1811-5209

An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology

Gems

EMMANUEL FRITSCH and BENJAMIN RONDEAU, Guest Editors

Gemology: A Developing Science

Gem Formation, Production,
and Exploration

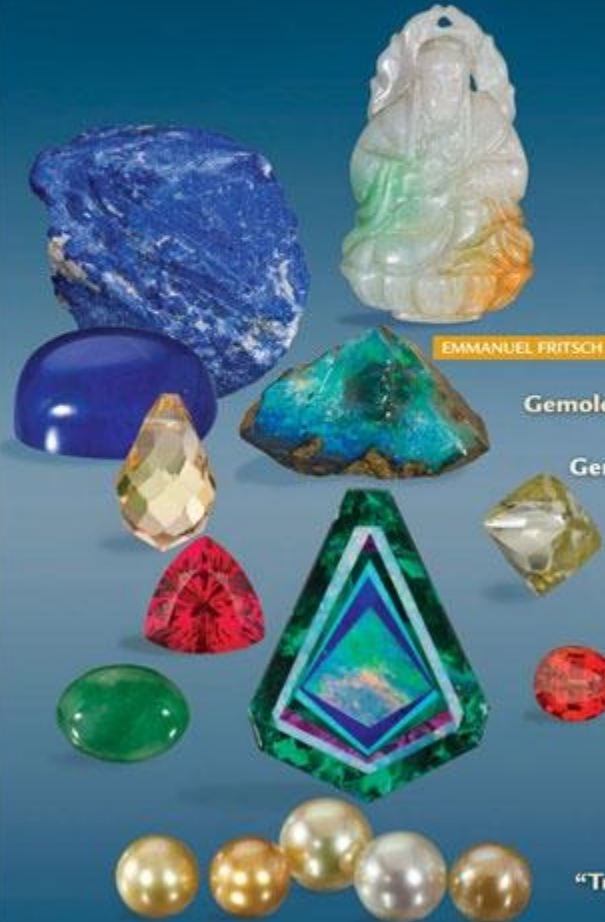
Geochemistry of Gems

Identifying Faceted
Gemstones

Synthetic Gems

Laboratory-Treated
Gemstones

Pearls and Corals:
“Trendy Biomineralizations”



ΚΟΣΜΕΤΟΛΟΓΙΑ



4 OMBRES À PAUPIÈRES POWDRE
•
4 EYE SHADOW COLLECTION
•
PUDERLIDSCHATTEN-QUARTETT
•
4 KLEUREN POEDER-OOGSCHADUW
•
QUATTRO OMBRETTI BASE
•
4 SOMBRAS DE PÁRPADOS EN POLVO
•
4 SOMBRAS EM PÓ
•
4 ØJENSKYGGER
•
4 LUOMIVÄRIN KOKOELMA
•
4 PUDERØGONSKUGGOR
•
ΤΕΤΡΑΠΛΗ ΣΚΙΑ ΜΑΤΙΩΝ

INGREDIENTS:
TALC • PARAFFINUM LIQUIDUM (MINERAL OIL) • ALUMINA • BENTONITE • AMMONIUM SILVER ZINC ALUMINUM SILICATE • LANOLIN ALCOHOL • ZEA MAYS (CORN) STARCH • METHYLPARABEN • PROPYLPARABEN • MAGNESIUM ALUMINIUM SILICATE • TIN OXIDE • DEXTRIN • ALUMINUM HYDROXIDE • BHT [+/- (MAY CONTAIN) CI 75470 (CARMINE) • CI 77007 (ULTRAMARINES) • CI 77163 (BISMUTH OXYCHLORIDE) • CI 77288 (CHROMIUM OXIDE GREENS) • CI 77289 (CHROMIUM HYDROXIDE GREEN) • CI 77491, CI 77492, CI 77499 (IRON OXIDES) • CI 77510 (FERRIC FERROCYANIDE) • CI 77742 (MANGANESE VIOLET) • CI 77891 (TITANIUM DIOXIDE) • MICA] IL75A-VII

MADE IN FRANCE

CHANEL PARIS

CHANEL INC. NEW YORK, N.Y. 10019



LES 4 OMBRES™

92200 NEUILLY SUR SEINE



TALC



BENTONITE

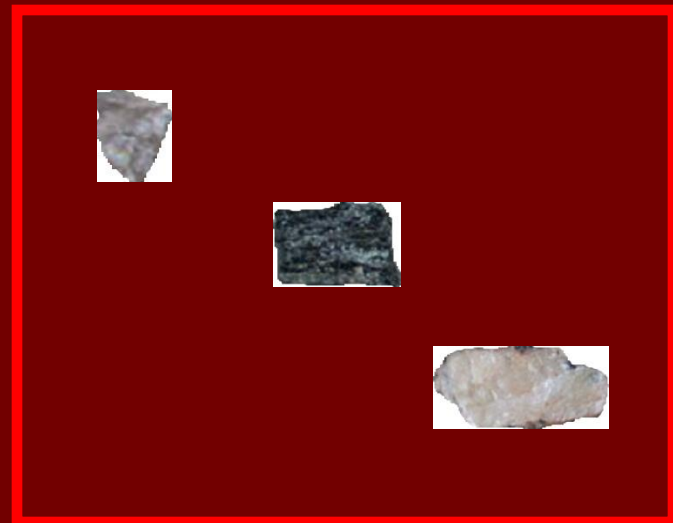


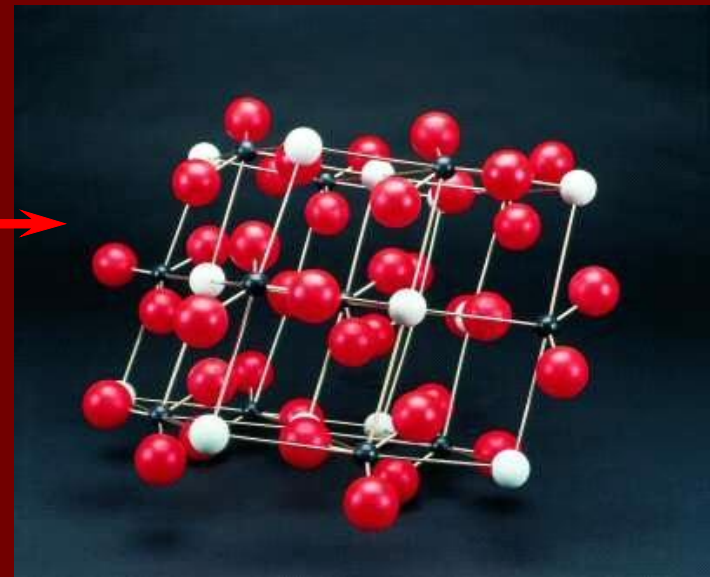
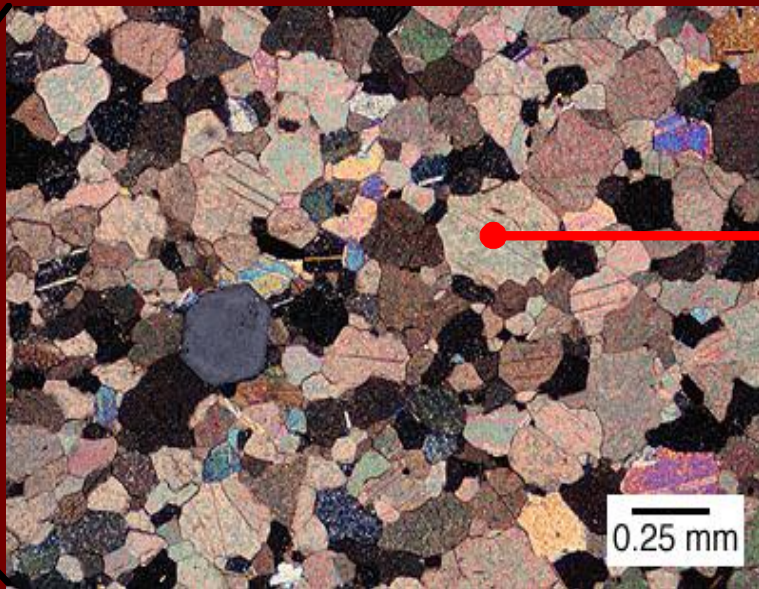
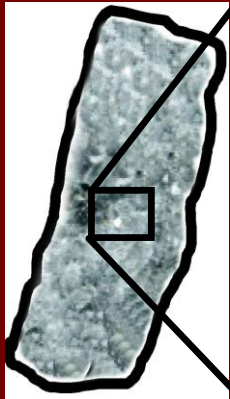
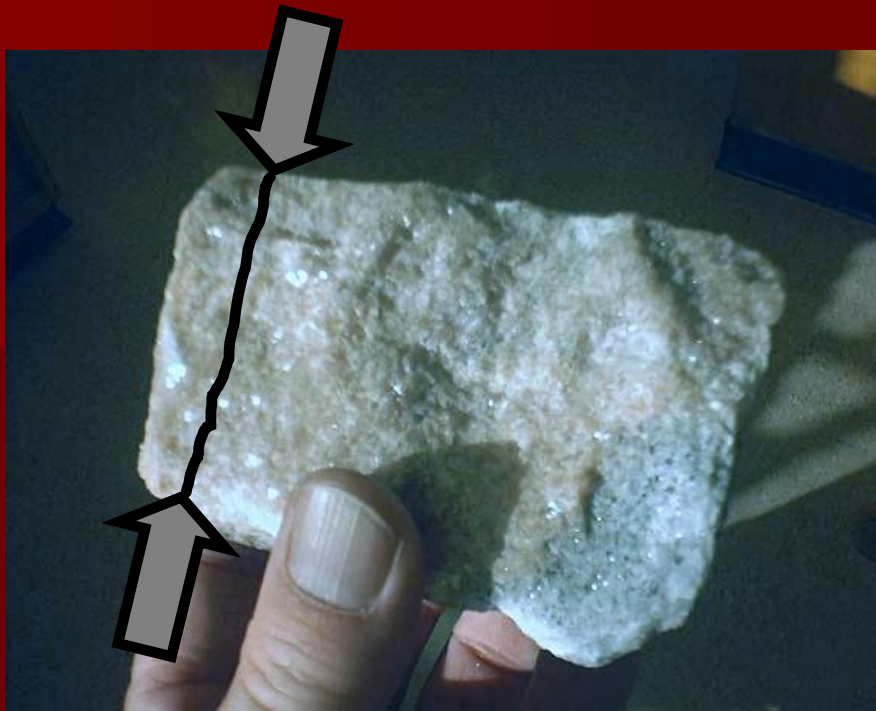
MICA



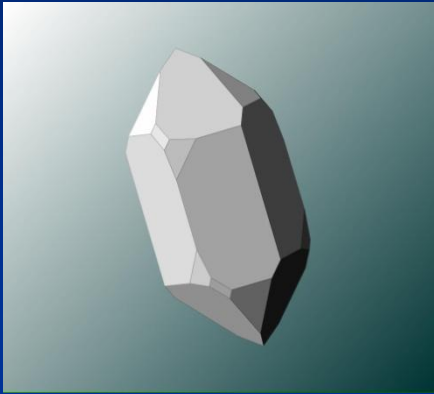
ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ
ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ

ΟΡΥΚΤΑ
ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ





ΜΕΛΕΤΗ (ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ) ΑΓΝΩΣΤΟΥ ΟΡΥΚΤΟΥ



- Κρυσταλλική δομή
- Χημική σύσταση
- Φυσικές & χημικές ιδιότητες

ΜΕΛΕΤΗ ΟΡΥΚΤΩΝ

- ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ
- ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ
- ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ
- ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
- ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ
- ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ



ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΟΡΥΚΤΩΝ



ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

Ακολουθείται η ίδια μεθοδολογία με έμφαση
στις **ενόργανες τεχνικές**

EARTH SCIENCE

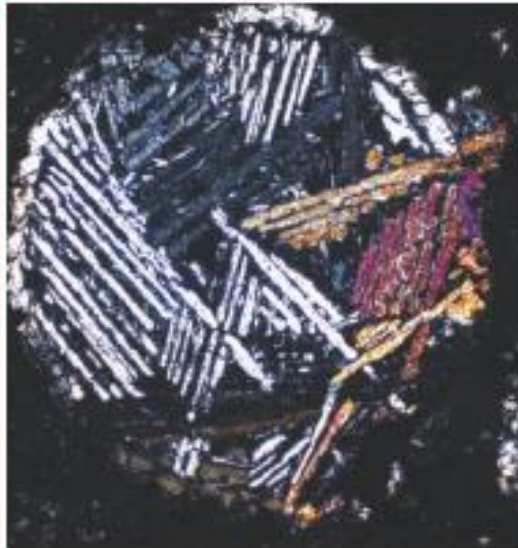
On the evolution of minerals

Minik T. Rosing

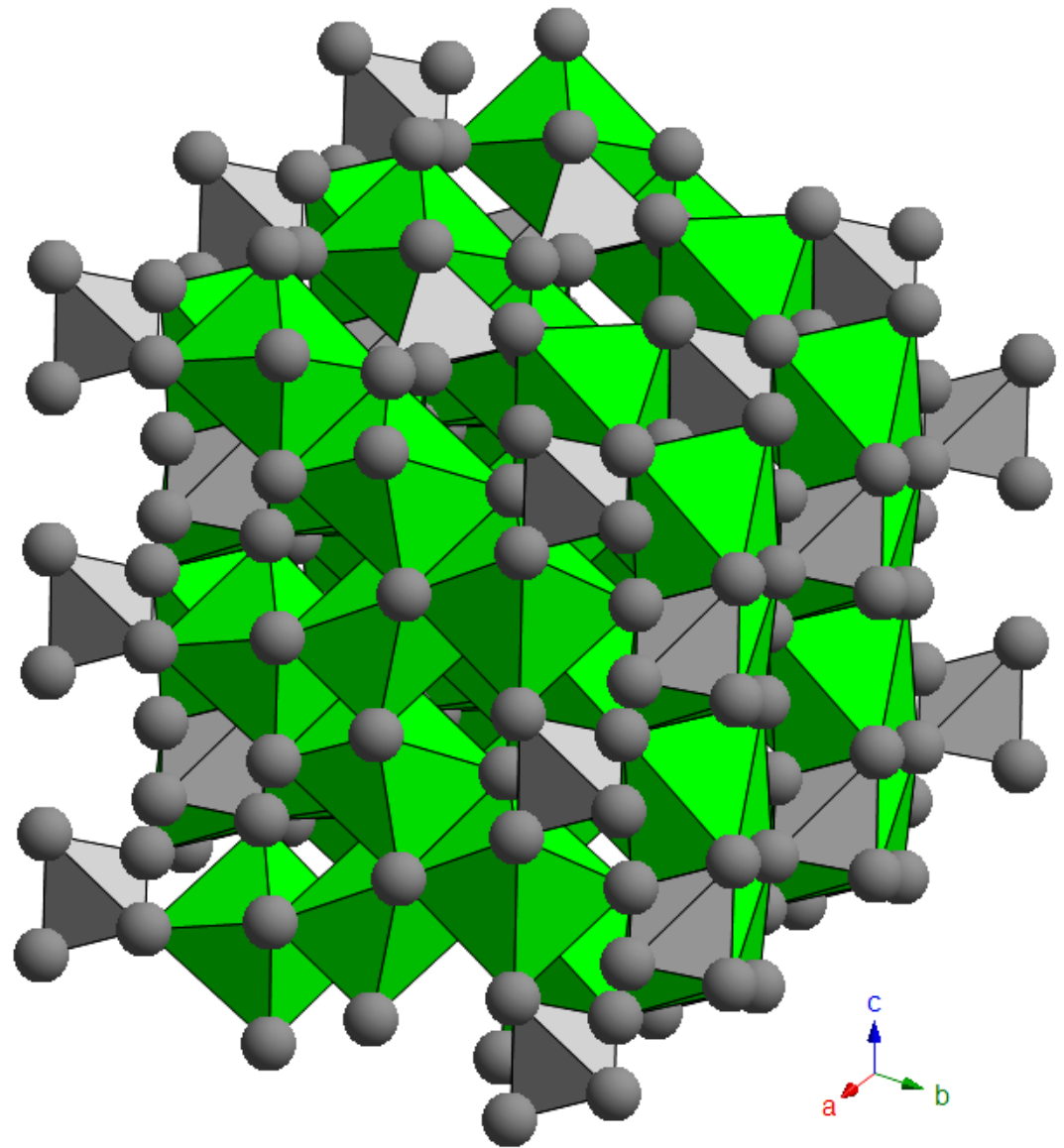
The variety of mineral species has increased since the birth of the Solar System and the development of terrestrial planets. A refreshing view likens the steady rise in mineral diversity to biological evolution.

NATURE | Vol 456 | 27 November 2008

Box 1 | A mineral selection



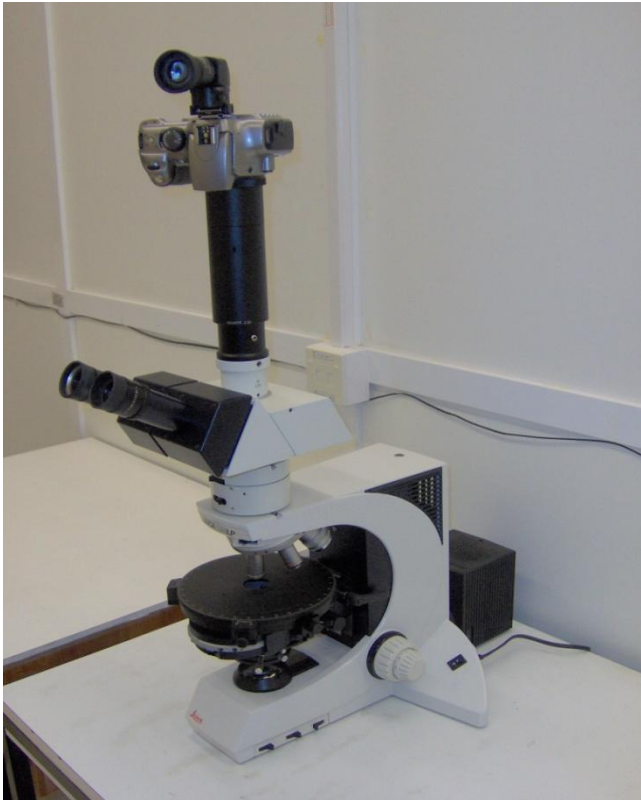
M. T. ROSING, M. T. ROSING, C. MCWORTHY/PHOTOLIBRARY.COM



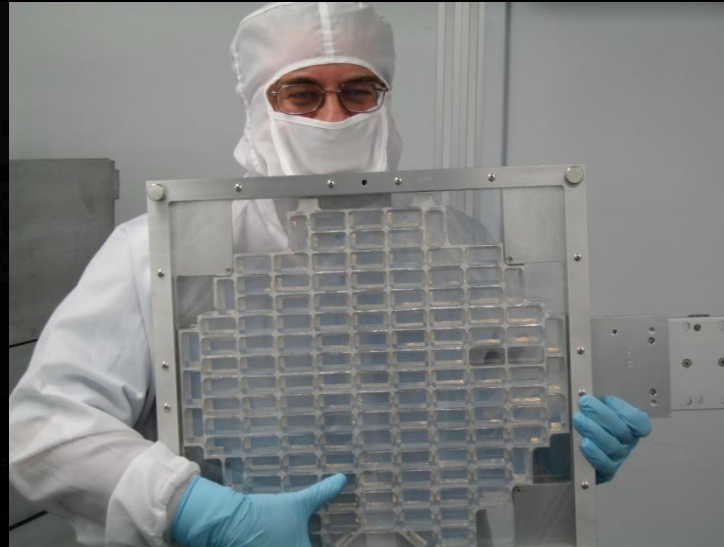


SEPTEMBER
2005

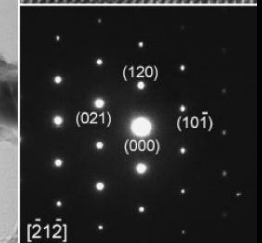
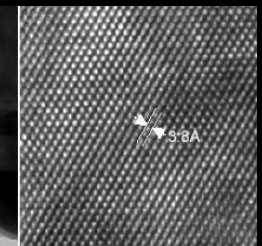
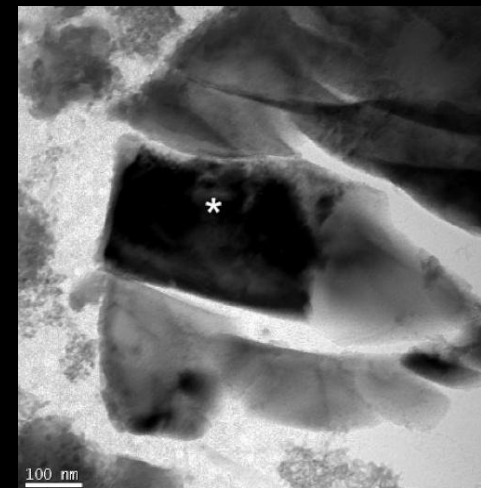
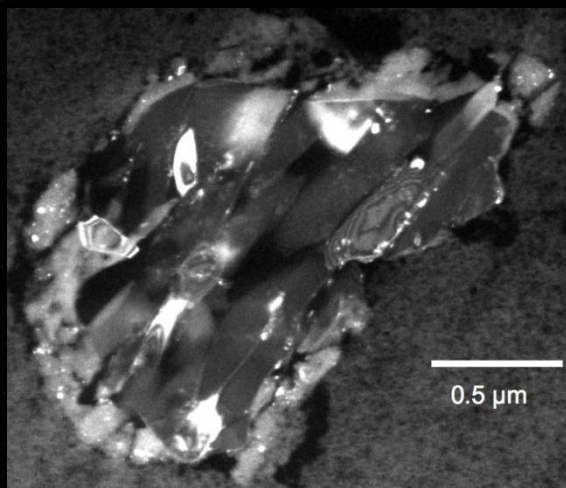
PHYSICS TODAY



**Mantle under
the microscope**



ΟΛΙΒΙΝΗΣ
(Mg,Fe)₂SiO₄



Comet-like mineralogy of olivine crystals in an extrasolar proto-Kuiper belt

B. L. de Vries¹, B. Acke¹, J. A. D. L. Blommaert¹, C. Waelkens¹, L. B. F. M. Waters^{2,3}, B. Vandenbussche¹, M. Min³, G. Olofsson⁴, C. Dominik^{3,5}, L. Decin^{1,3}, M. J. Barlow⁶, A. Brandeker⁴, J. Di Francesco⁷, A. M. Glauser^{8,9}, J. Greaves¹⁰, P. M. Harvey¹¹, W. S. Holland^{9,12}, R. J. Ivison⁹, R. Liseau¹³, E. E. Pantin¹⁴, G. L. Pilbratt¹⁵, P. Royer¹ & B. Sibthorpe⁹

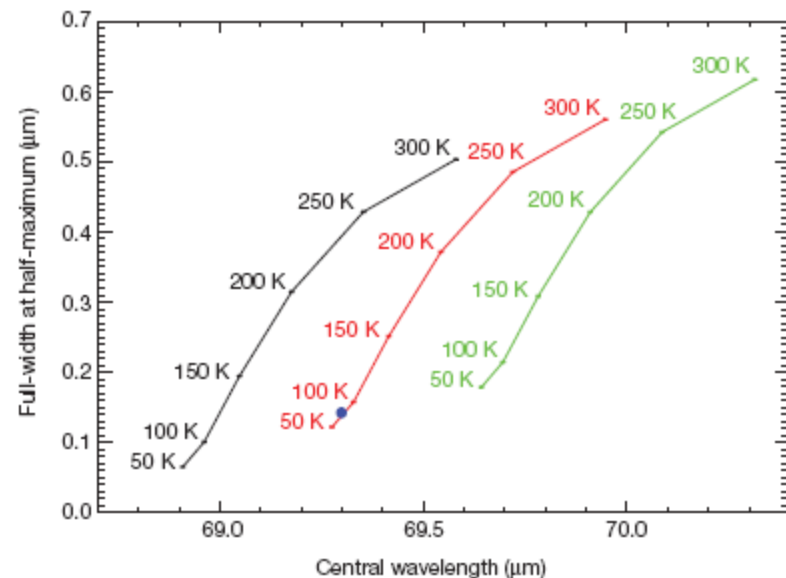
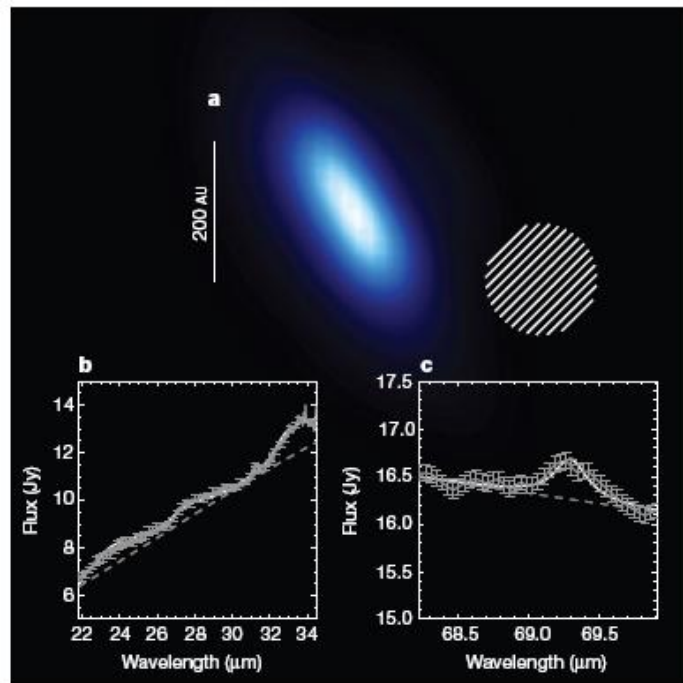
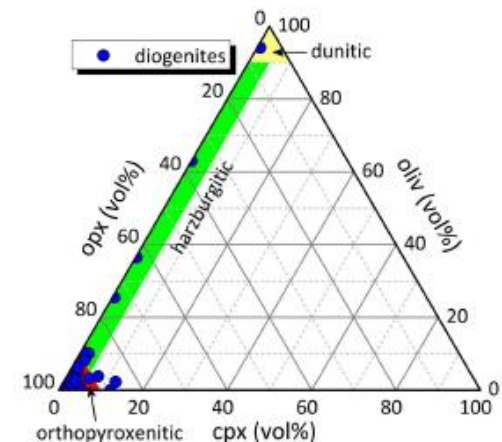
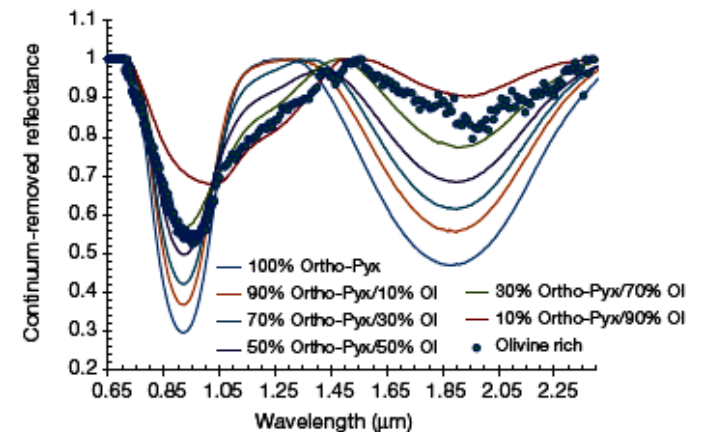
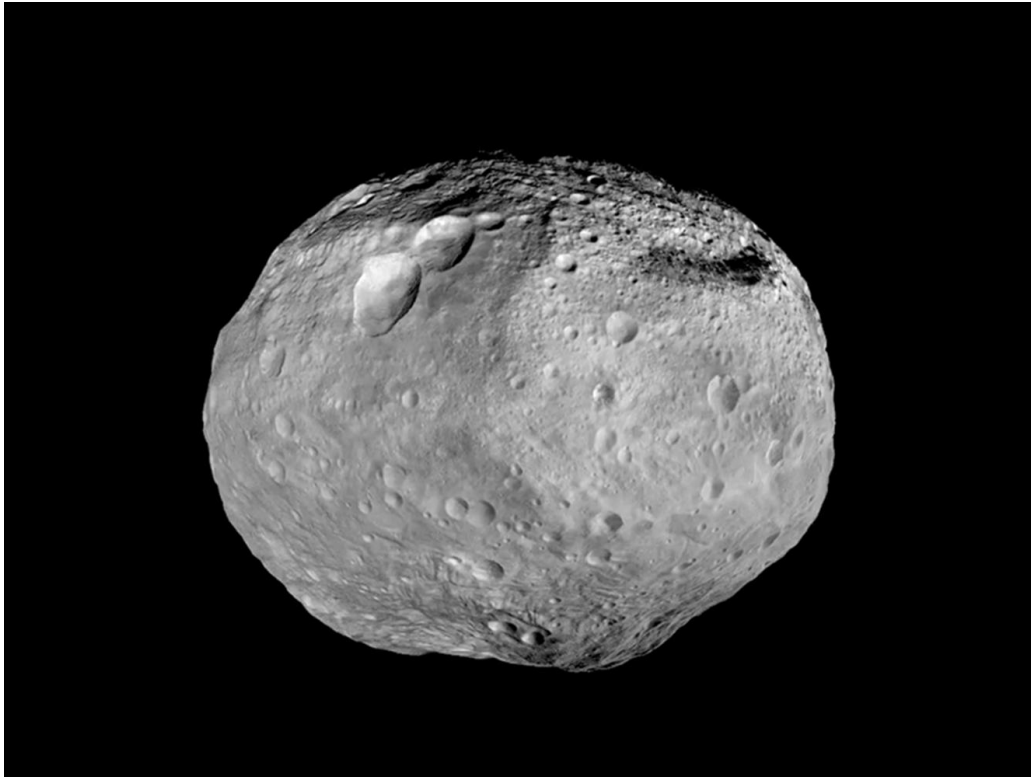


Figure 2 | Diagram demonstrating the dependence of the 69- μm band on grain temperature and composition. The diagram gives the width and central wavelength of the 69- μm band for six temperatures and for crystalline olivine ($\text{Mg}_{2-2x}\text{Fe}_{2x}\text{SiO}_4$) with $x = 0.0$ (black), $x = 0.01$ (red) and $x = 0.02$ (green). The width and central wavelength are measured by fitting Lorentzian profiles to laboratory measurements^{23,34} of crystalline olivine at different temperatures and compositions (see Supplementary Information for additional

Olivine in an unexpected location on Vesta's surface

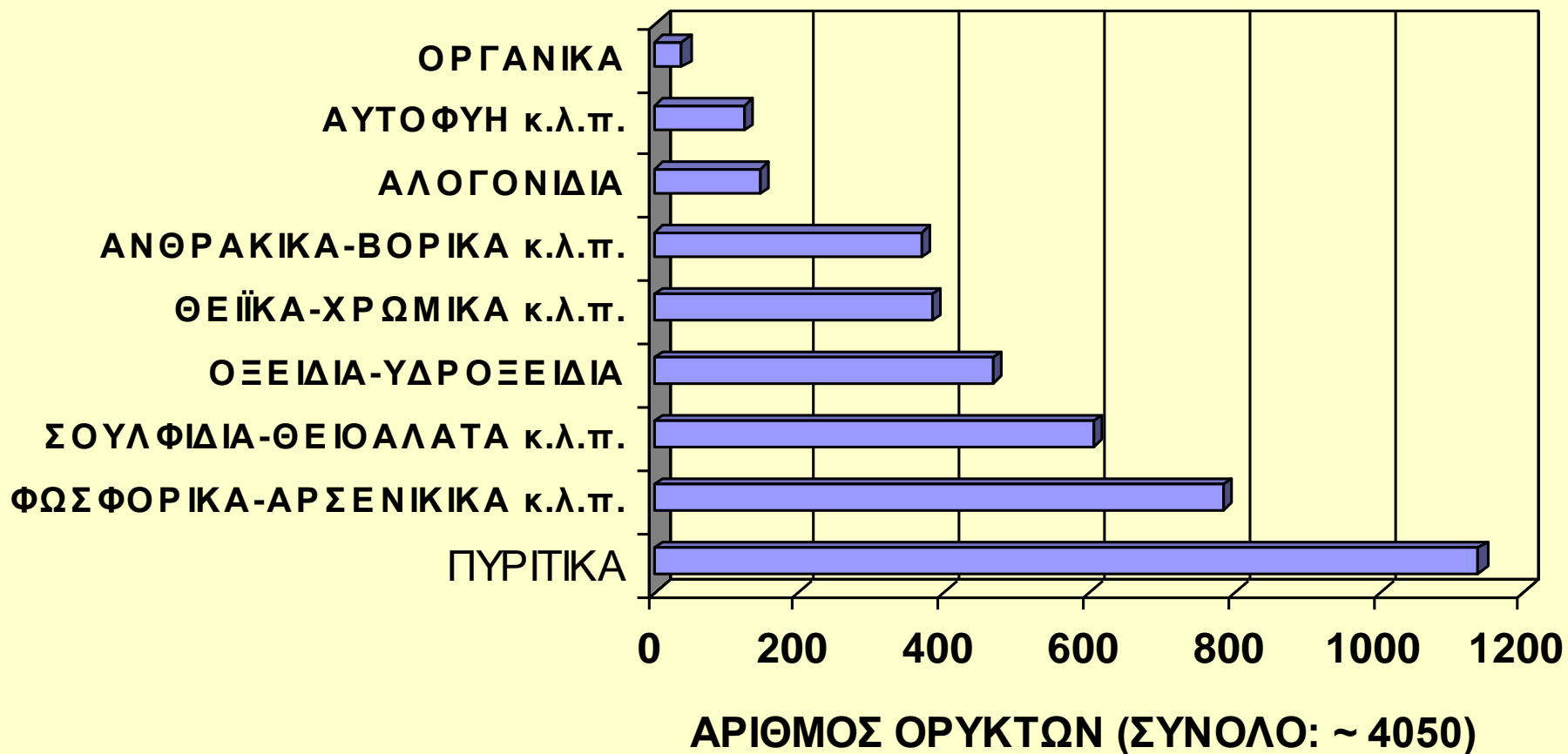
E. Ammannito¹, M. C. De Sanctis¹, E. Palomba¹, A. Longobardo¹, D. W. Mittlefehldt², H. Y. McSween³, S. Marchi^{1,4}, M. T. Capria¹, F. Capaccioni¹, A. Frigeri¹, C. M. Pieters⁵, O. Ruesch⁶, F. Tosi¹, F. Zambon¹, F. Carraro¹, S. Fonte¹, H. Hiesinger⁶, G. Magni¹, L. A. McFadden⁷, C. A. Raymond⁸, C. T. Russell⁹ & J. M. Sunshine¹⁰



■ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΤΑ **Dana**

- Αυτοφυή στοιχεία
- Σουλφίδια
- Οξείδια και υδροξείδια
- Αλογονίδια
- Ανθρακικά, Νιτρικά, Βορικά
- Θειϊκά, Χρωμικά, Μολυβδαινικά
- Φωσφορικά, Αρσενικικά, Βαναδικά
- Οργανικά ορυκτά
- Πυριτικά

■ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΤΑ **Strunz**



• Αυτοφυή
στοιχεία



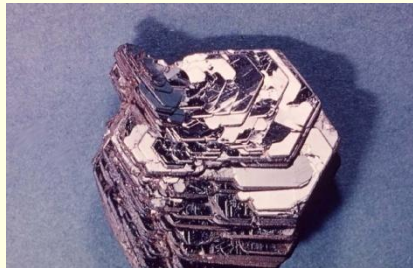
ΧΡΥΣΟΣ
Au

• Σουλφίδια



ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ
FeS₂

• Οξείδια και
υδροξείδια



ΑΙΜΑΤΙΤΗΣ
Fe₂O₃

• Αλογονίδια



ΑΛΙΤΗΣ
NaCl

- Ανθρακικά, Νιτρικά, Βορικά



ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ
CaCO₃

- Θειϊκά, Χρωμικά, Μολυβδαινικά



ΓΥΨΟΣ
CaSO₄·2H₂O

- Φωσφορικά, Αρσενικικά, Βαναδικά

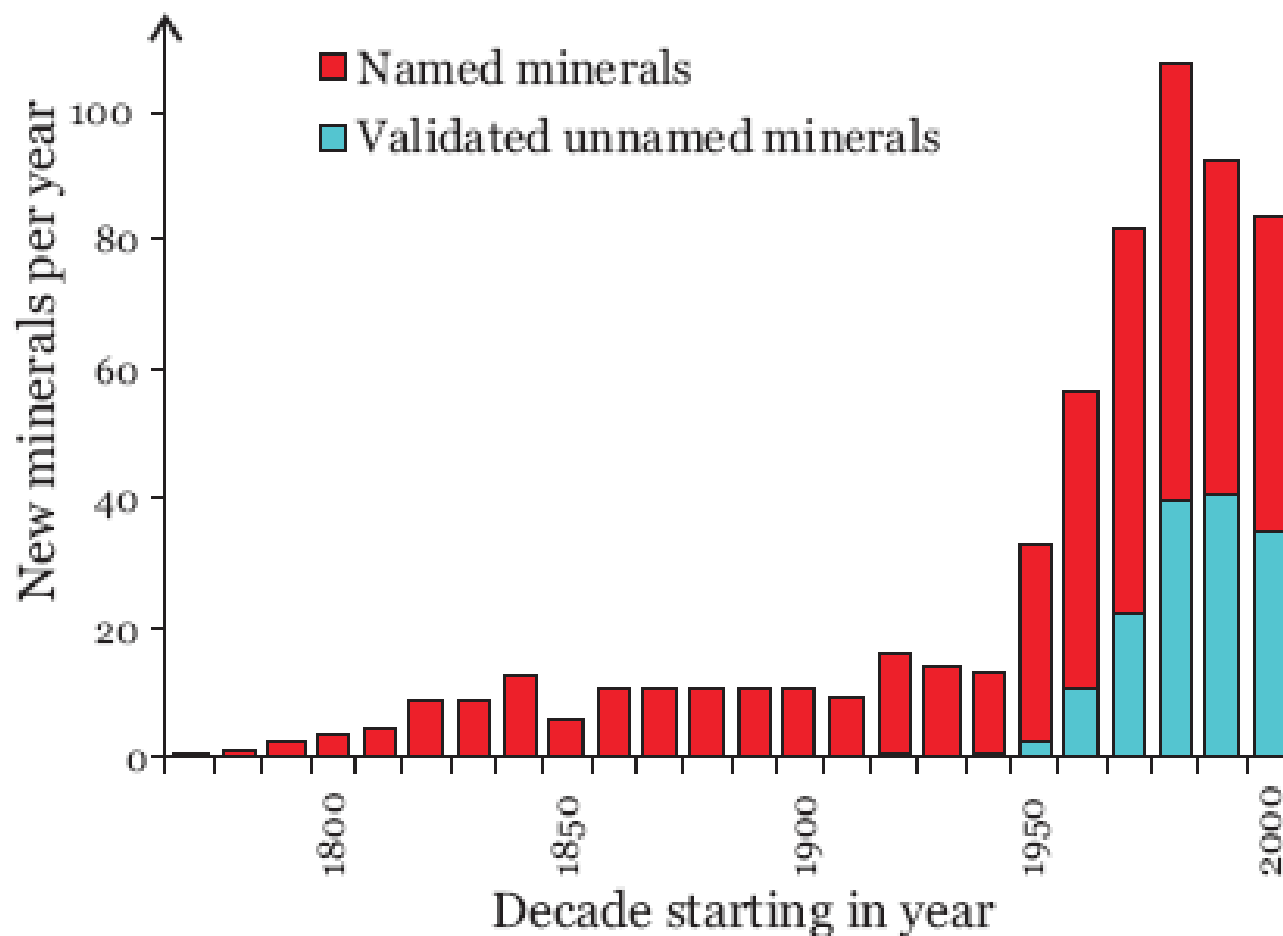


ΑΠΑΤΙΤΗΣ
Ca₅(PO₄)₃(OH,F,Cl)

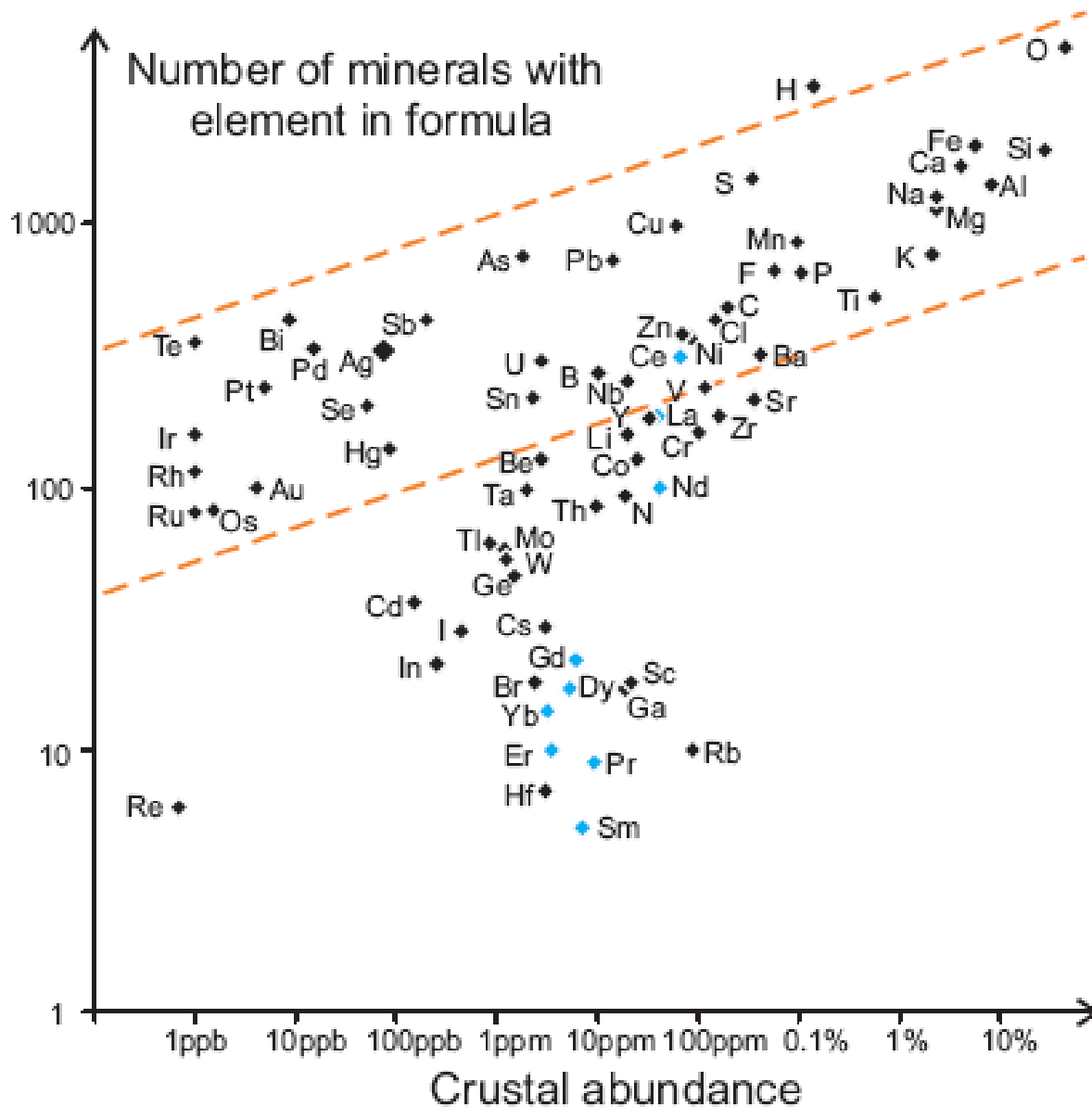
- Οργανικά ορυκτά



ΧΟΥΕΛΙΤΗΣ
Ca(C₂O₄)·(H₂O)



A CENSUS OF MINERAL SPECIES IN 2010
 Michael D. Higgins¹ and Dorian G. W. Smith²



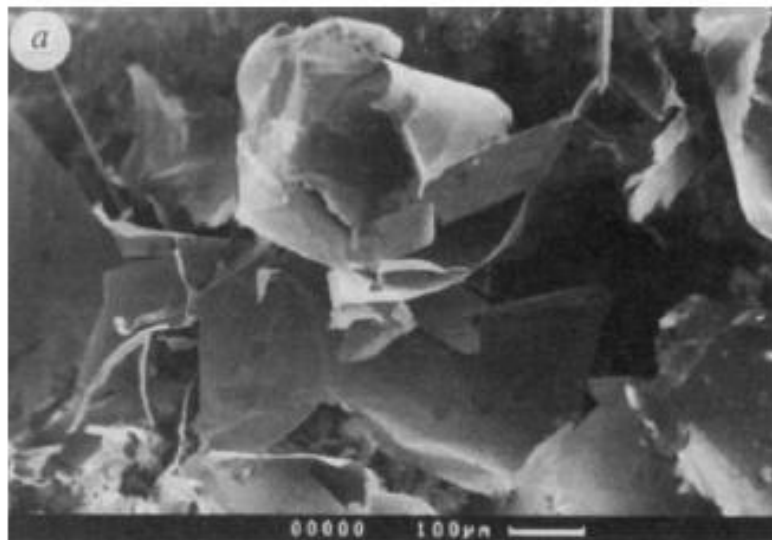
Discovery of a pure rhenium mineral at Kudriavy volcano

M. A. Korzhinsky*, **S. I. Tkachenko***,
K. I. Shmulovich*, **Y. A. Taran†** & **G. S. Steinberg‡**

* Institute of Experimental Mineralogy, Russian Academy of Sciences,
142432 Chernogolovka, Russia

† Institute of Volcanic Geology and Geochemistry,
Russian Academy of Sciences, 683006 Petropavlovsk-Kamchatsky,
Bulv. Piipa 9, Russia

‡ Institute of Volcanology and Geodynamic ANSRF,
693008 Yuzhno-Sakhalinsk, Box 18, Russia





ΧΑΛΑΖΙΑΣ
SiO₂

- Πυριτικά

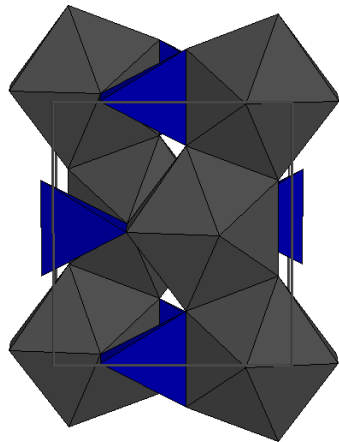


ΖΙΡΚΟΝΙΟ
ZrSiO₄

Ζιρκόνιο

ZrSiO₄

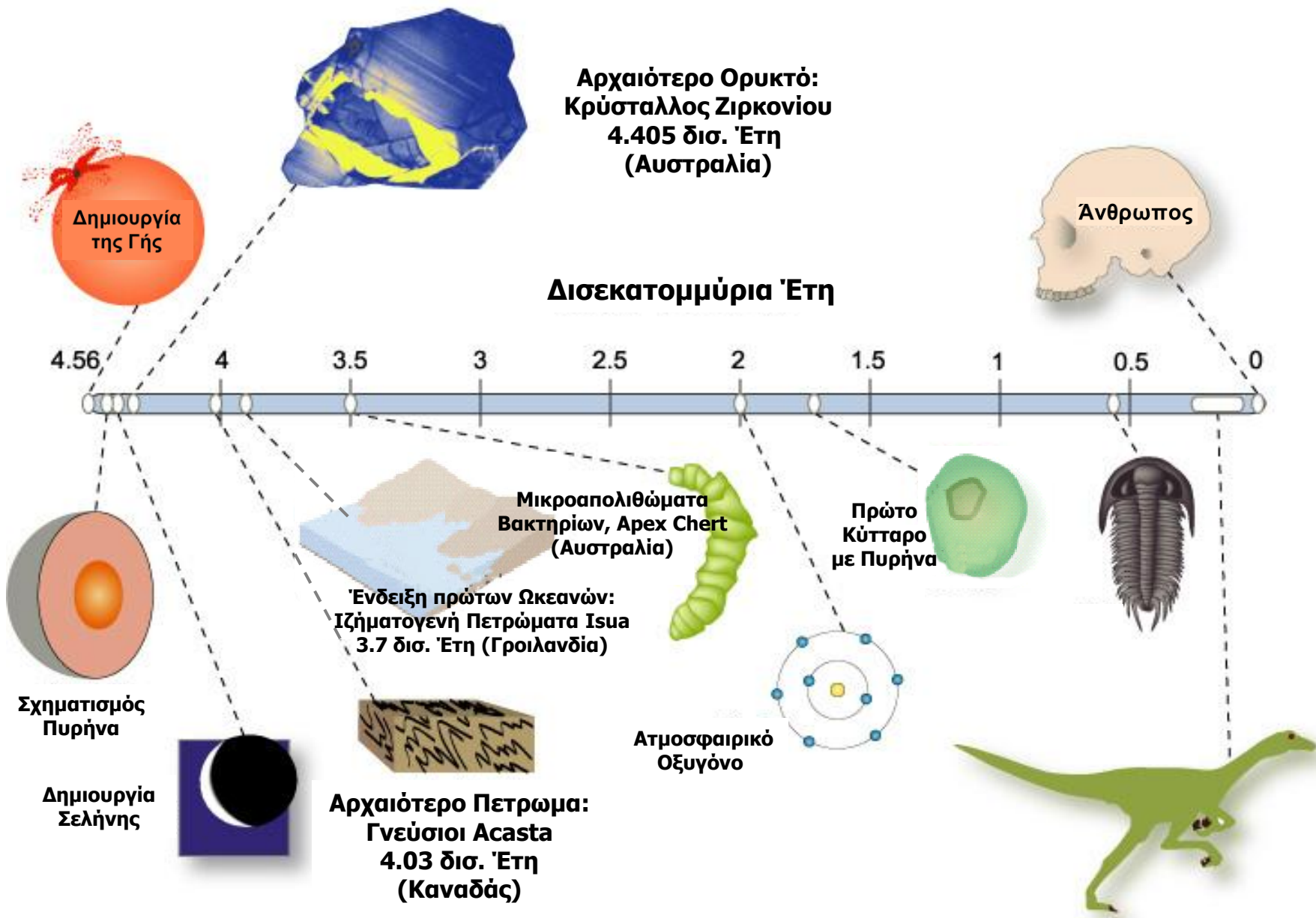
**(Πυριτικό
Ορυκτό)**

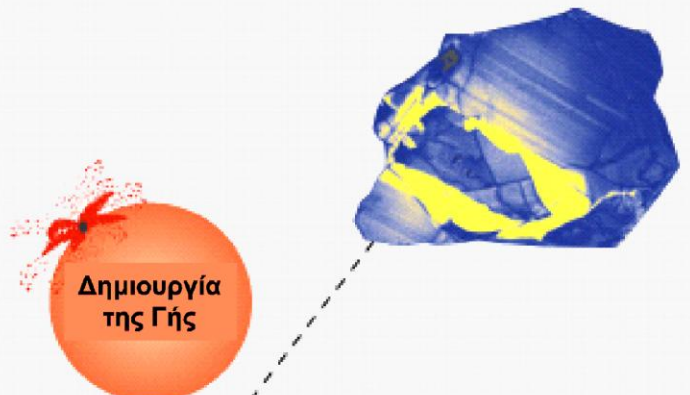


■ Κρύσταλλος ζιρκονίου. Έχει ηλικία 4,4 δισ. ετών

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





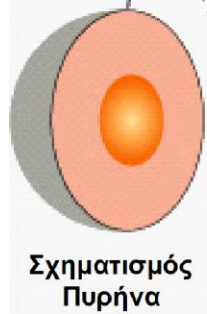
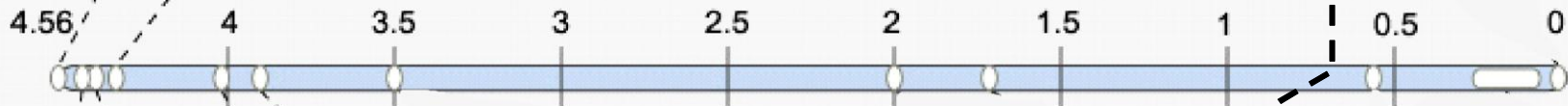


Αρχαιότερο Ορυκτό:
Κρύσταλλος Ζιρκονίου
4.405 δισ. Έτη
(Αυστραλία)



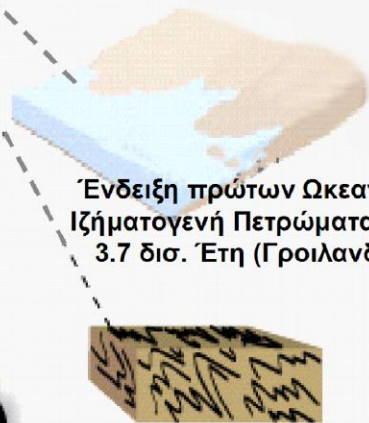
Αρχαιότερα Πετρώματα
Της Ελλάδας
~ 0.7 δισ. Έτη

Δισεκατομμύρια Έτη



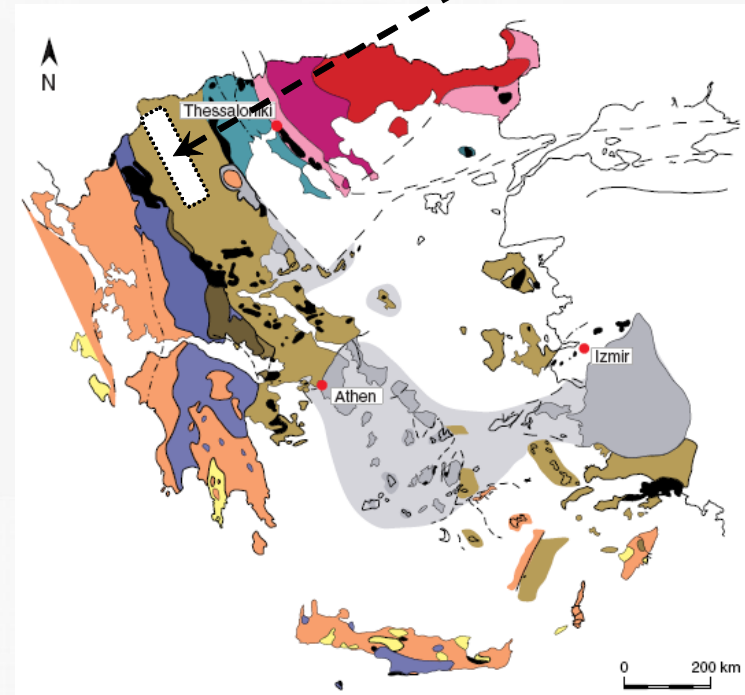
Σχηματισμός
Πυρήνα

Δημιουργία
Σελήνης

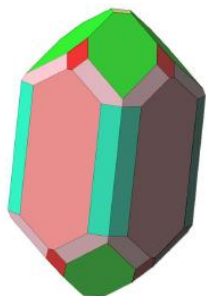


Ένδειξη πρώτων Ωκεανών:
Ιζηματογενή Πετρώματα Izua
3.7 δισ. Έτη (Γροιλανδία)

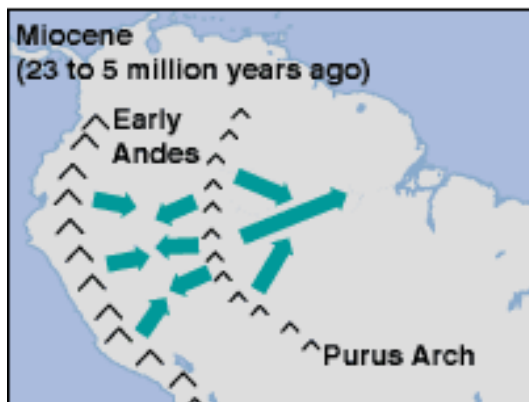
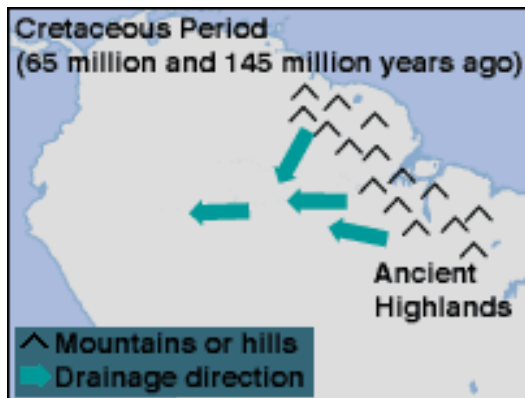
Αρχαιότερο Πετρωμα:
Γνεύσιοι Acasta
4.03 δισ. Έτη
(Καναδάς)



Ζιρκόνιο $ZrSiO_4$



ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΜΑΖΟΝΙΟΥ



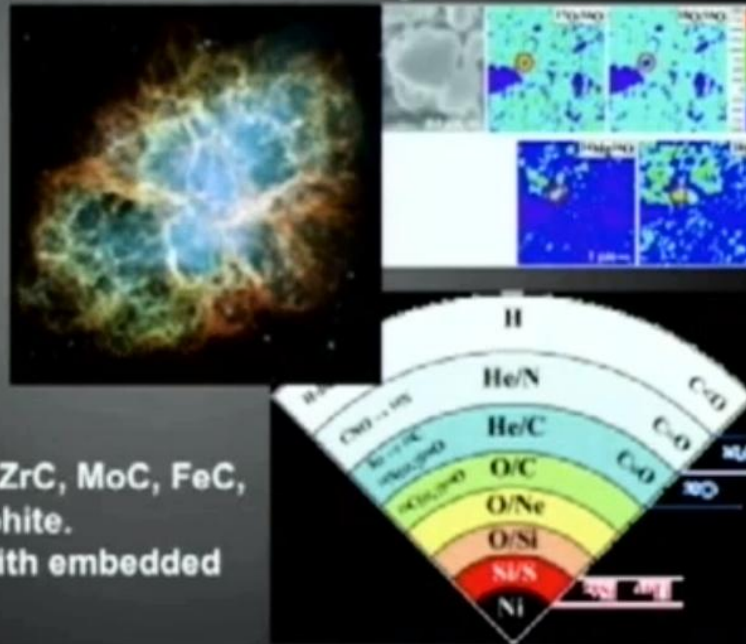
ΤΑ ΠΙΘΑΝΑ ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

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).



By Professor R. Hazen:

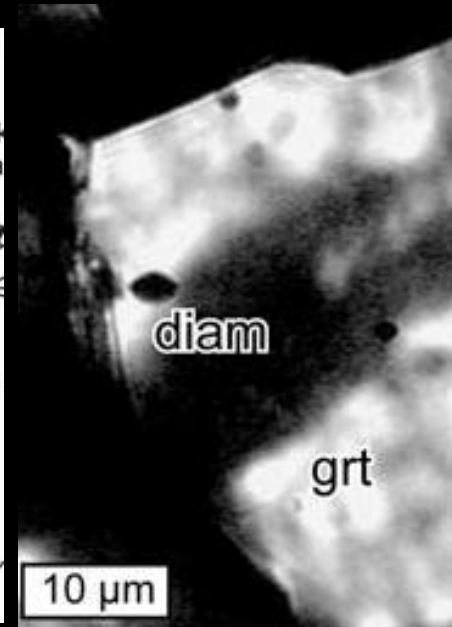
<http://www.youtube.com/watch?v=PcktDStlfiQ>

μικρο-Διαμάντια (Diamond: C) σε πετρώματα της Ελλάδας

Mposkos & Kostopoulos, Earth Planet. Sci. Lett., 192 (2001) 497

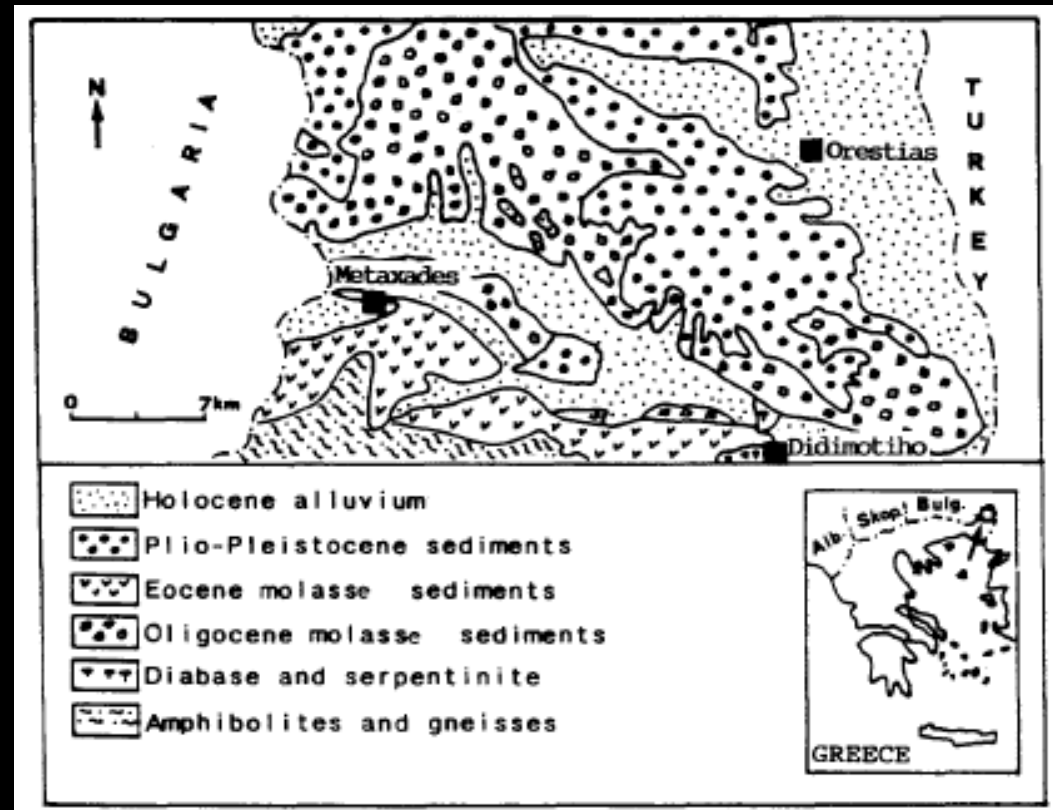
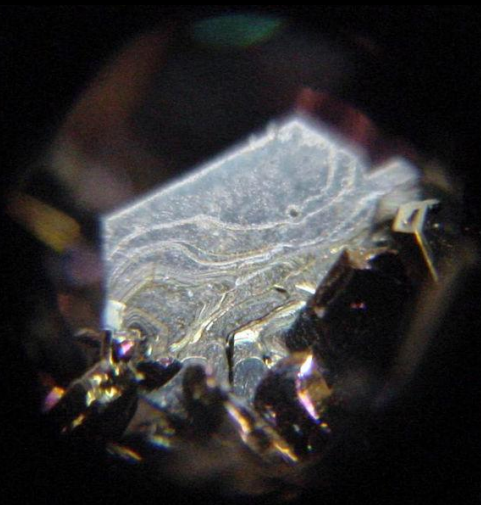
Perraki et al., Am. Mineral. 94 (2009) 546

Schmidt et al., Eur. J. Mineral. 22 (2010) 189

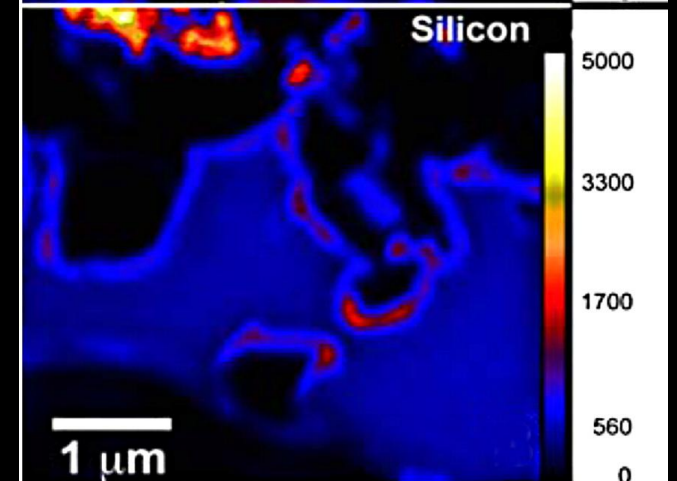
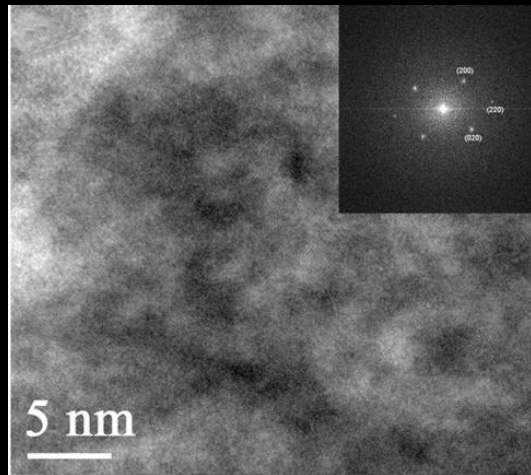
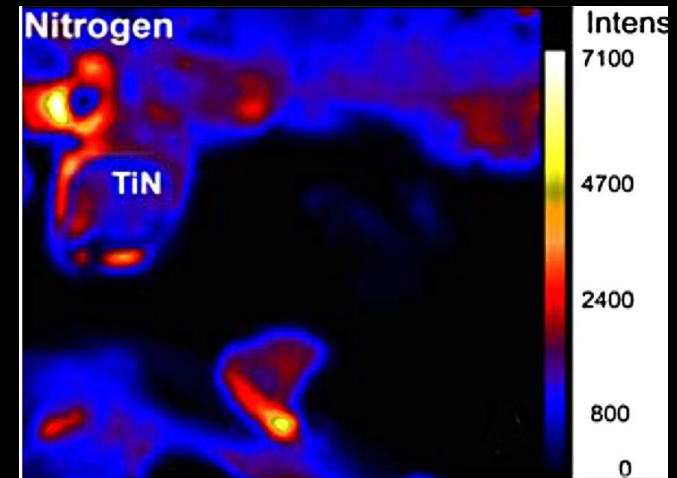
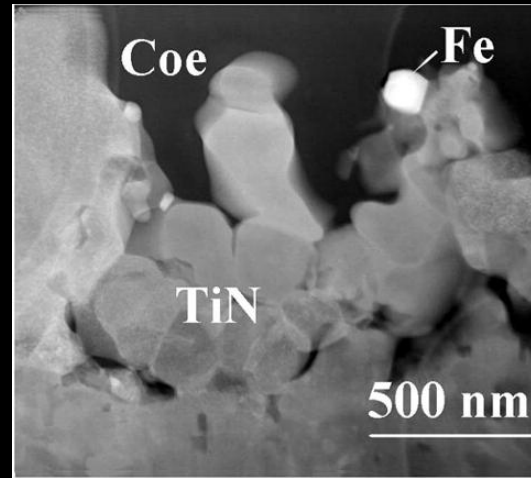
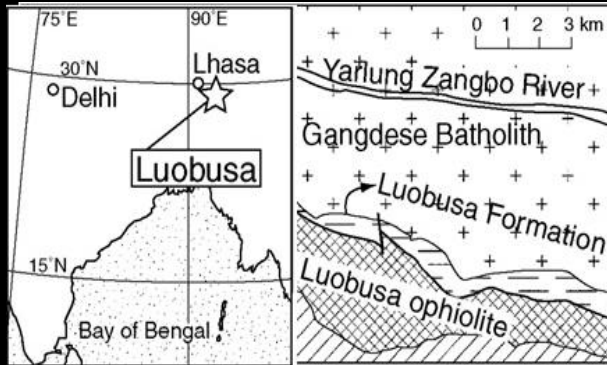


Μοϊσσανίτης (Moissanite: SiC) σε πετρώματα της Ελλάδας

Filippidis, N. J. Mineral. Monatsh. (1993) 521–527



Οξβορνίτης (Osbornite: TiN) σε πετρώματα του Τιβέτ



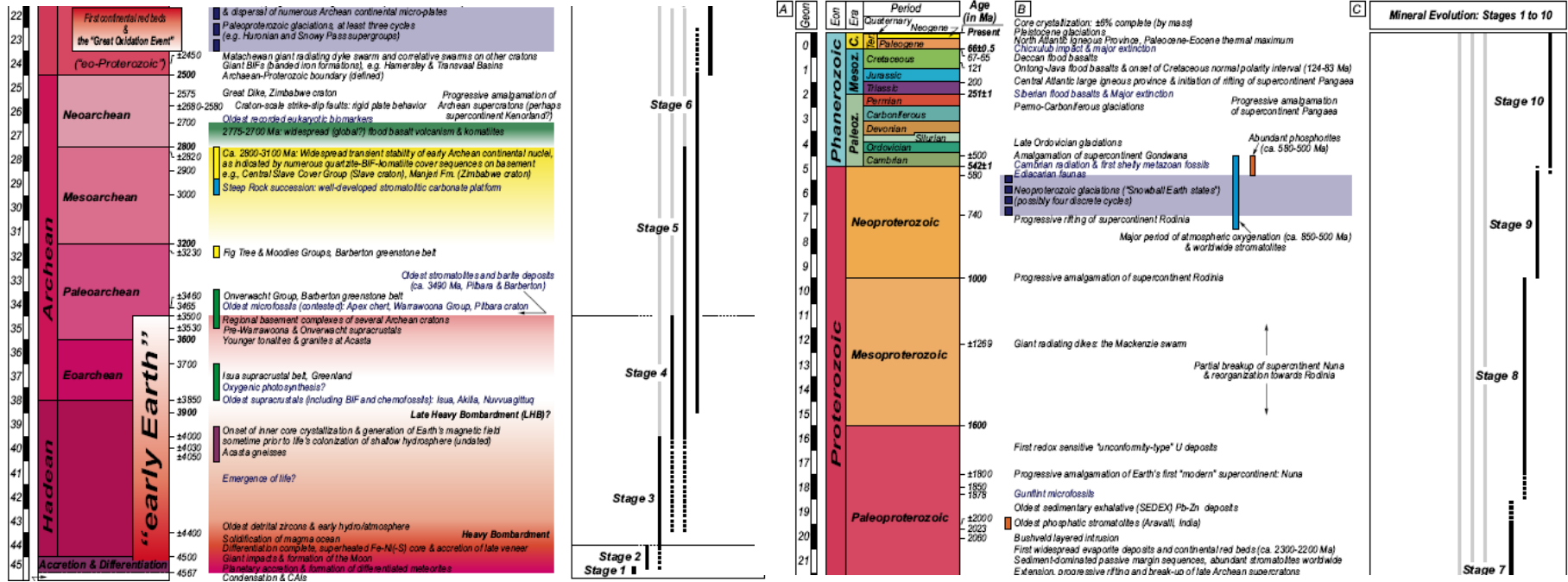
Dobrzhinetskaya et al., PNAS 106 (2009) 19233-19238

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



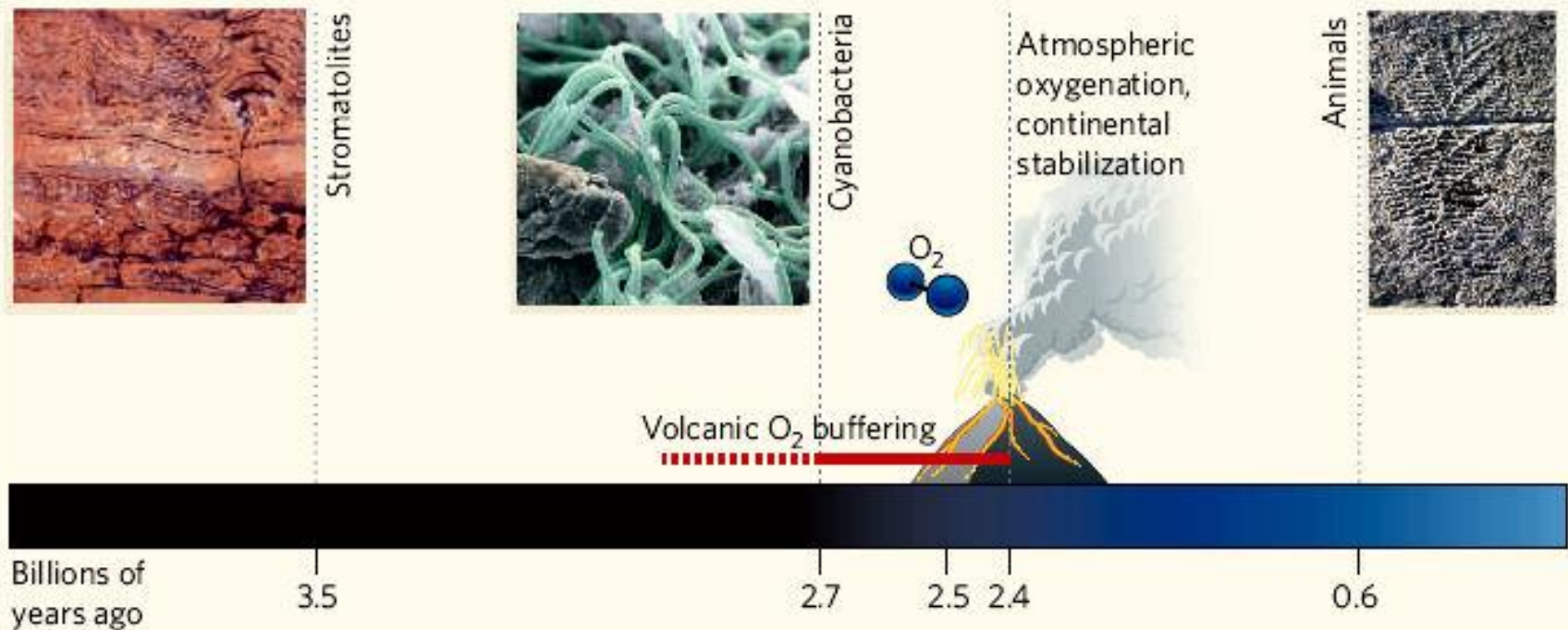


Figure 1 | Oxygen on the up. A gap of around 300 million years separates our best estimate for the first significant production of oxygen by cyanobacteria 2.7 billion years ago (Gya) and irrefutable evidence for the rise in atmospheric oxygen around 2.4 Gya. Some estimates put the first appearance of cyanobacteria back to 3.5 Gya or more, bolstered by the appearance of stromatolites — fossilized microbial mats — in the geological record, but a cyanobacterial origin for these earliest mats has not been demonstrated convincingly. Kump and Barley⁴ explain the time lag by invoking reduced gases released from abundant submarine volcanism up until 2.5 Gya, which consumed oxygen produced photosynthetically by cyanobacteria. As continents stabilized, the locus of volcanism shifted towards the land, gas emanations became more oxidized, and the buffer that inhibited oxygen build-up waned. After around 2.4 Gya, atmospheric oxygen began its climb towards levels that, almost 2 billion years later, spawned the rise of animals.

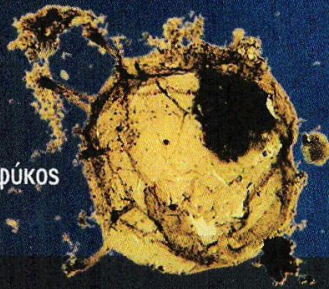
Χημειοσυνθετικά
βακτήρια



Πριν από 3,8 δισεκατ. χρόνια

Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο είναι αμελητέα, κάτω από **0,0002%**. Ίσως οι πρώτοι έμβιοι οργανισμοί να ήταν χημειοσυνθετικά βακτήρια που ζούσαν στο βυθό του ωκεανού.

Απολιθωμένο φύκος



Πριν από 2,4 δισεκατ. χρόνια

Βακτήρια στην επιφάνεια της θάλασσας εμπλούτιζαν, μέσω της φωτοσύνθεσής τους, την ατμόσφαιρα με οξυγόνο επί 300 εκατομμύρια χρόνια. Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο αυξάνεται στο **0,2%**. Οι πρώτοι ευκαρυωτικοί οργανισμοί, τα φύκη, εμφανίζονται στη θάλασσα.

2,4 δισεκατ. έως 580 εκατ. χρόνια πριν

Η εξέλιξη ακολουθεί βήμα σημειωτόν επί 1,8 δισεκατομμύρια χρόνια. Τα επίπεδα οξυγόνου στην ατμόσφαιρα αυξάνονται πολύ αργά και στα τέλη αυτής της περιόδου είναι μόλις **2,1%** (το 1/10 του σημερινού). Οι επιστήμονες έχουν βρει σήμερα μια εξήγηση για τον αργό ρυθμό αυτής της διαδικασίας.

Πριν από 4
δισεκατομμύρια
χρόνια

3 δισεκατ.
χρόνια

2 δισεκατ.
χρόνια

1 δισεκατ.
χρόνια

900 εκατ.
χρόνια

800 εκατ.
χρόνια

Περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο (%)



580-500 εκατ. χρόνια πριν

Τα επίπεδα του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα φτάνουν στο **20%**. Οι πρώτοι σύνθετοι ζωικοί οργανισμοί αναπτύσσονται στη θάλασσα και η βιοποικιλότητα αυξάνεται ραγδαία. Οι πρόγονοι σχεδόν όλων των ομάδων ζώων που υπάρχουν σήμερα εμφανίζονται κατά τη λεγόμενη «έκρηξη του Κάμβριου».



Απολίθωμα τριλοβίτη (μικρό ασπόνδυλο αρθρόποδο που ζούσε στο βυθό της θάλασσας)

500-345 εκατομμύρια χρόνια πριν

Τα φυτά εξαπλώνονται στη στεριά. Το ίδιο και τα πρώτα μικρά ασπόνδυλα ζώα, όπως οι αράχνες. Το οξυγόνο της ατμόσφαιρας φτάνει στο **25%**.



Ένα από τα πρώτα χερσαία ζώα

300-251 εκατομμύρια χρόνια πριν

Η συγκέντρωση οξυγόνου σημειώνει ρεκόρ, φτάνοντας στο **31%**. Τα ζώα αποκτούν μεγάλες διαστάσεις. Οι λιβελλούλες είχαν άνοιγμα φτερών μισό μέτρο.

Τεράστια λιβελλούλα



230-65 εκατομμύρια χρόνια πριν

Η ατμόσφαιρα περιέχει τώρα μόλις **12%** οξυγόνο, και μια νέα ομάδα ζώων, οι δεινόσαυροι, κυριαρχούν στη Γη.

Βραχιόσαυρος



Σήμερα υπάρχει 21% οξυγόνο στην ατμόσφαιρα

65 εκατομμύρια χρόνια πριν έως σήμερα

Διαφοροποιούνται τα θηλαστικά. Μια περίοδος κατά την οποία το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα αυξήθηκε στο **15%** βοήθησε τα θηλαστικά να μεγαλώσουν σε μέγεθος.



Το πρώτο θηλαστικό

700 εκατ. χρόνια

600 εκατ. χρόνια

500 εκατ. χρόνια

400 εκατ. χρόνια

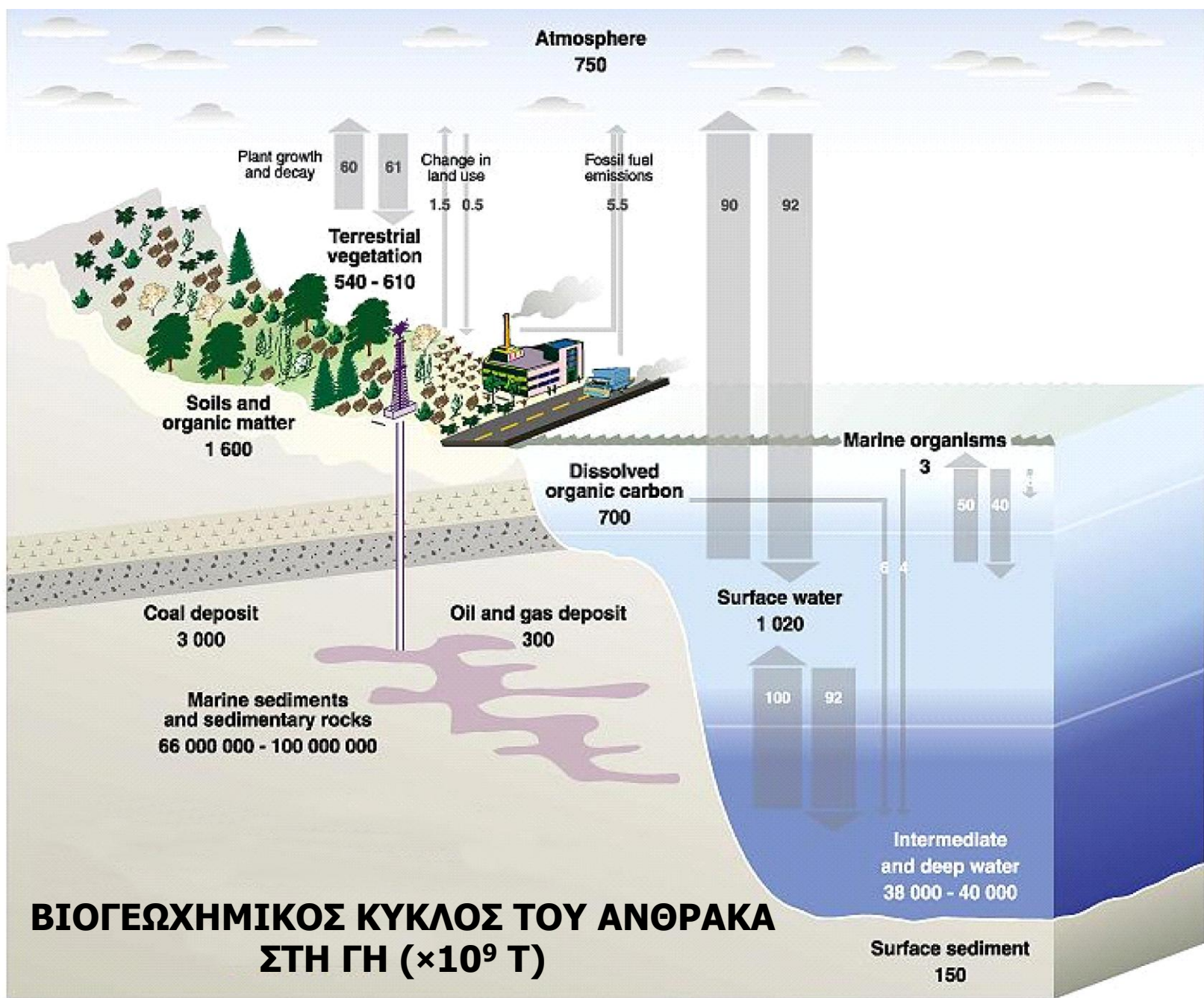
300 εκατ. χρόνια

200 εκατ. χρόνια

100 εκατ. χρόνια

Σήμερα





**ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΣΤΗ ΓΗ ($\times 10^9$ T)**

ΥΔΡΟΓΟΝΟ ΣΤΑ ΟΡΥΚΤΑ

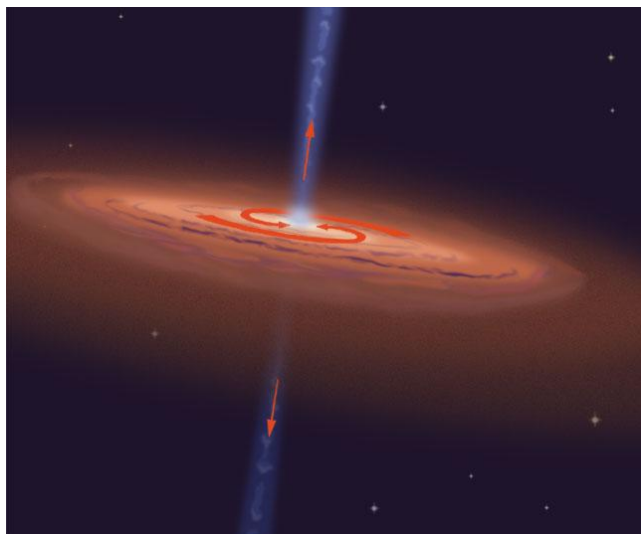
(H^+ - H_3O^+ , OH^- , H_2O)

HYDROGEN IN MINERALS



ΚΟΣΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ (πιθανώς <10% συμβολή από SN)

Ηλιακό Νεφέλωμα (Solar Nebula-SN)



H₂ : 96.1 %
He : 3.8 %
CO : 0.077 %
Ne : 0.016 %
N₂ : 78 ppm
H₂O/H₂ ~ 10⁻⁴

Κομήττες



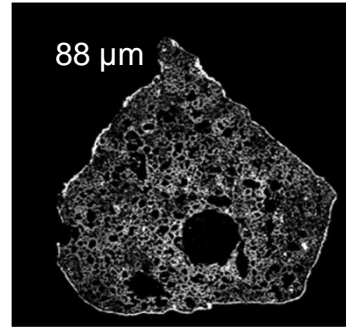
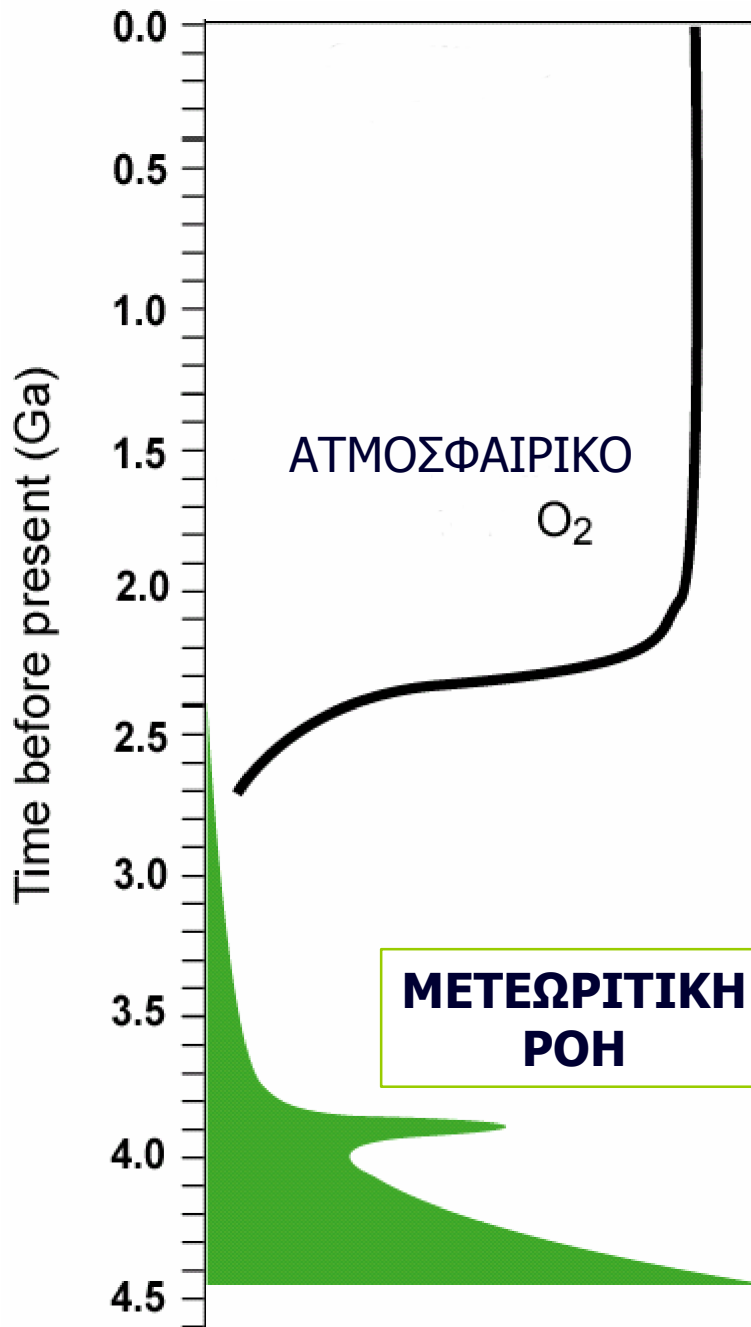
έως και
50%
H₂O

Μετεωριτική Ύλη

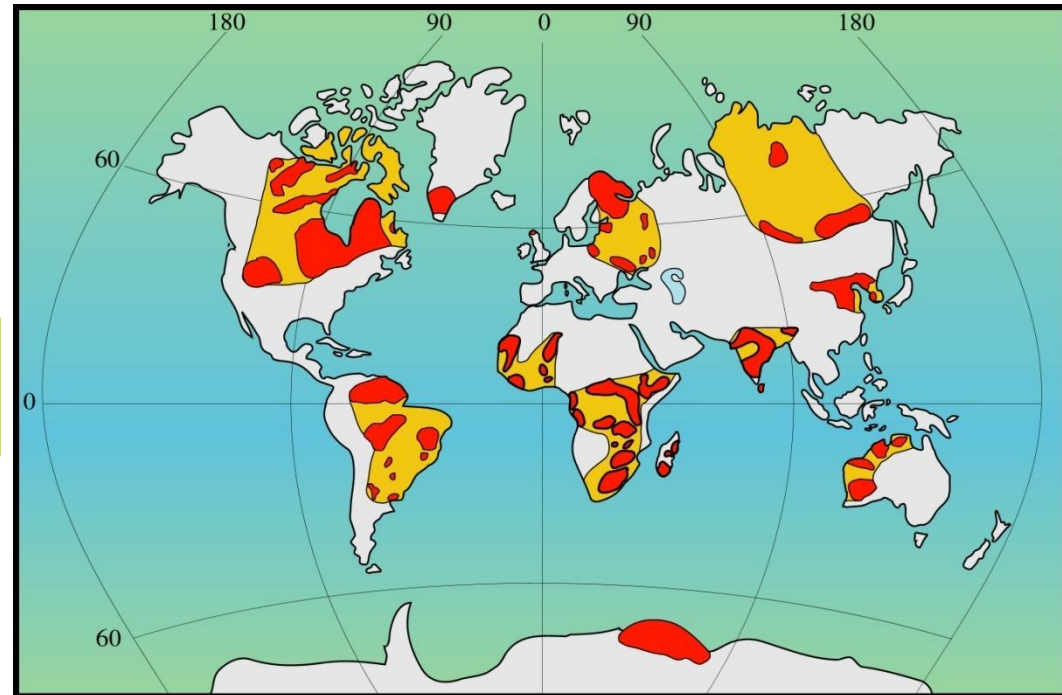


έως και
10%
H₂O
σε ανθρακικούς
ΧΟΝΔΡΙΤΕΣ

ΡΟΗ ΥΛΗΣ ΣΕ ΓΗΙΝΟΥΣ ΠΛΑΝΗΤΕΣ
IDPs, MM : 20,000 – 40,000 tons/yr
Μετωρίτες : 10 tons/yr

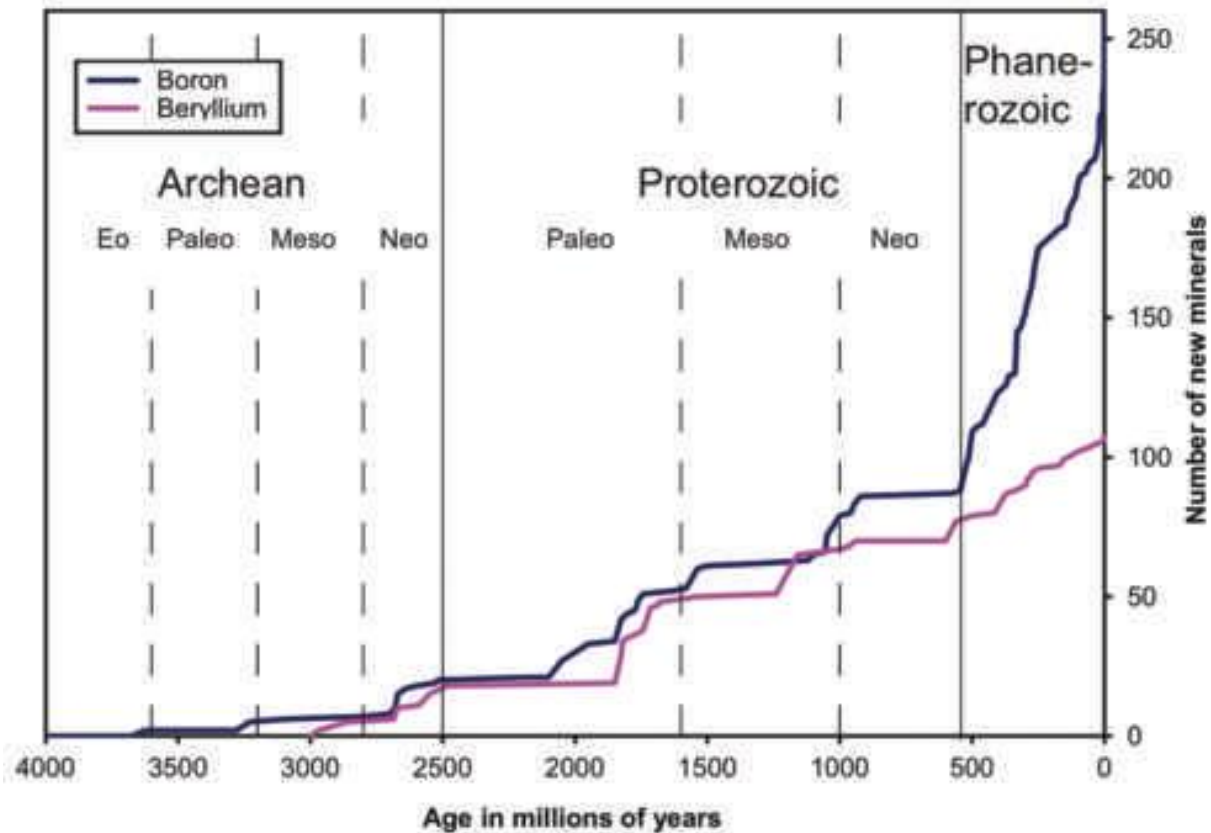


**ΜΙΚΡΟ-ΜΕΤΕΩΡΙΤΕΣ
(MM)**



Needs and opportunities in mineral evolution research

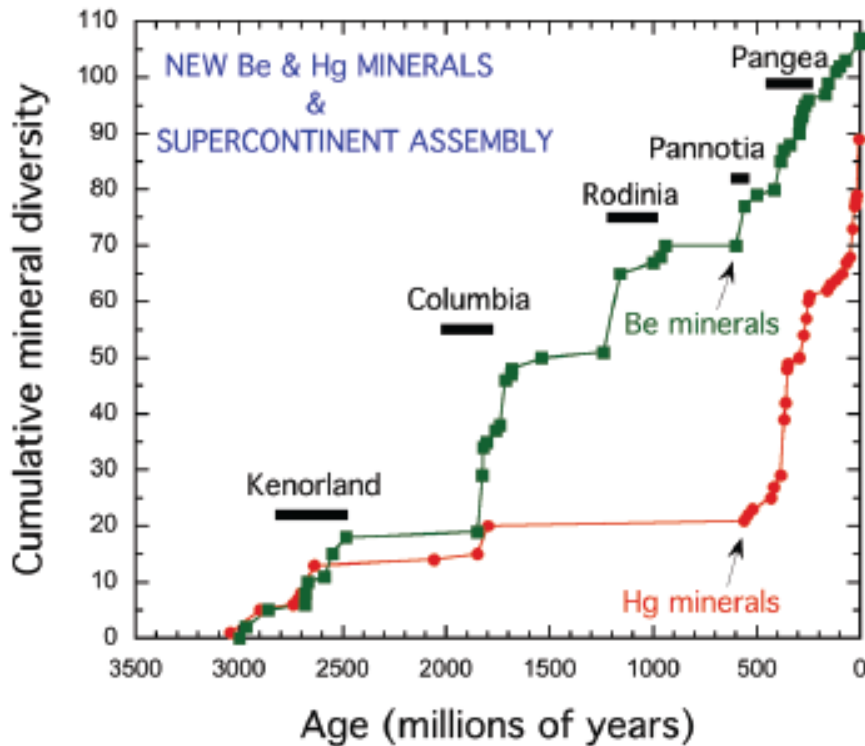
ROBERT M. HAZEN,^{1,*} ANDREY BEKKER,² DAVID L. BISH,³ WOUTER BLEEKER,⁴ ROBERT T. DOWNS,⁵
JAMES FARQUHAR,⁶ JOHN M. FERRY,⁷ EDWARD S. GREW,⁸ ANDREW H. KNOLL,⁹ DOMINIC PAPINEAU,¹⁰
JOLYON P. RALPH,¹¹ DIMITRI A. SVERJENSKY,⁷ AND JOHN W. VALLEY¹²



Το παράδειγμα της εξέλιξης των ορυκτών B και Be

Mercury (Hg) mineral evolution: A mineralogical record of supercontinent assembly, changing ocean geochemistry, and the emerging terrestrial biosphere

ROBERT M. HAZEN,^{1,*} JOSHUA GOLDEN,² ROBERT T. DOWNS,² GRETHE HYSTAD,³ EDWARD S. GREW,⁴ DAVID AZZOLINI,⁵ AND DIMITRI A. SVERJENSKY^{1,5}



Το παράδειγμα της εξέλιξης των ορυκτών Be και Hg

Explore Our Science

ASTRONOMY

EARTH & PLANETARY SCIENCE

GENETICS & DEVELOPMENTAL BIOLOGY

GLOBAL ECOLOGY

MATTER AT EXTREME STATES

PLANT SCIENCE

SCIENCE EDUCATION

You Are Exploring

EARTH'S MINERALOGY UNIQUE IN THE COSMOS



Press Releases

Wednesday, August 26, 2015



Caption: The mineral hazenite, named after Robert Hazen, which is only found in one locality, Mono Lake, California. Like hazenite, 22 percent of known minerals are found in just one locality. The image is courtesy of Hexiong Yang.

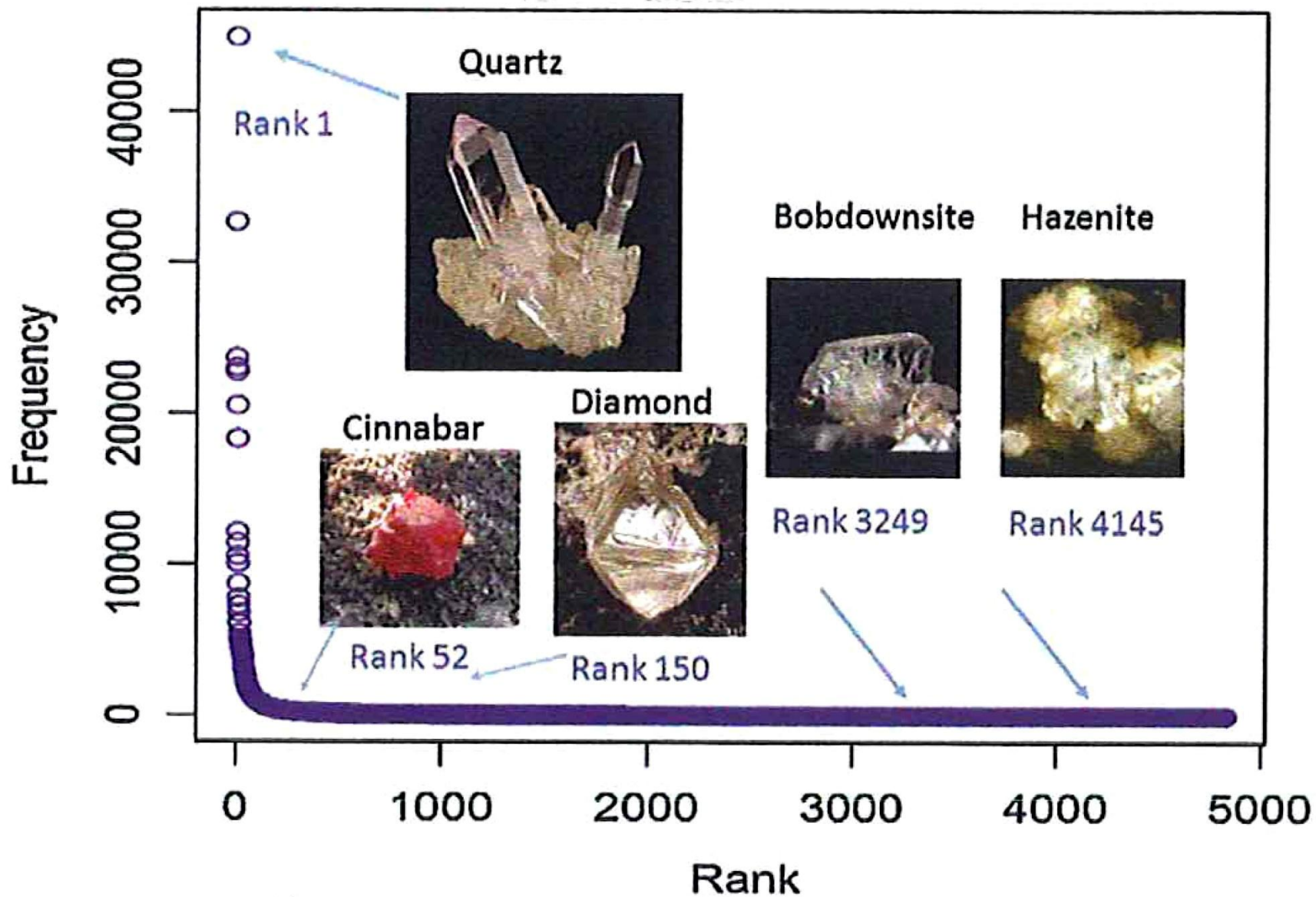
Mineral Species Frequency Distribution Conforms to a Large Number of Rare Events Model: Prediction of Earth's Missing Minerals

Grethe Hystad¹ · Robert T. Downs² ·
Robert M. Hazen³

Received: 16 December 2014 / Accepted: 18 May 2015

© International Association for Mathematical Geosciences 2015

1 **Abstract** A population model is introduced to describe the mineral species frequency
2 distribution. Mineral species coupled with their localities conform to a large number
3 of rare events (LNRE) distribution: 100 common mineral species occur at more than
4 1,000 localities, whereas 34 % of the approved 4,831 mineral species are found at
5 only one or two localities. LNRE models formulated in terms of a structural type
6 distribution allow the estimation of Earth's undiscovered mineralogical diversity and
7 the prediction of the percentage of observed mineral species that would differ if Earth's
8 history were replayed.





Contents lists available at [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Earth and Planetary Science Letters

www.elsevier.com/locate/epsl



Statistical analysis of mineral diversity and distribution: Earth's mineralogy is unique



Grethe Hystad^a, Robert T. Downs^b, Edward S. Grew^c, Robert M. Hazen^{d,*}

^a Department of Mathematics, University of Arizona, Tucson, AZ 85721-0089, USA

^b Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721-0077, USA

^c School of Earth and Climate Sciences, University of Maine, Orono, ME 04469, USA

^d Geophysical Laboratory and Deep Carbon Observatory, Carnegie Institution of Washington, 5251 Broad Branch Road NW, Washington, DC 20015, USA

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 March 2015

Received in revised form 3 June 2015

Accepted 17 June 2015

Available online xxxx

Editor: M. Bickle

Keywords:

mineral ecology

mineral evolution

Earth-like planets

philosophy of mineralogy

chance versus necessity

ABSTRACT

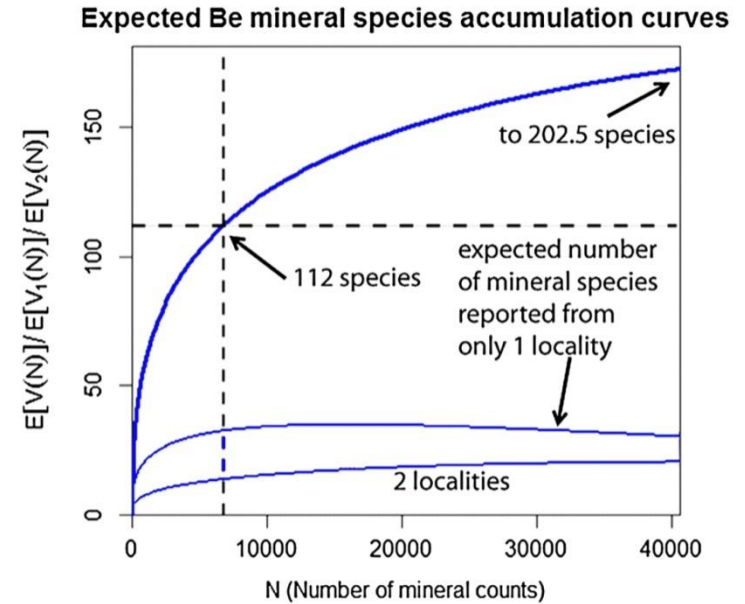
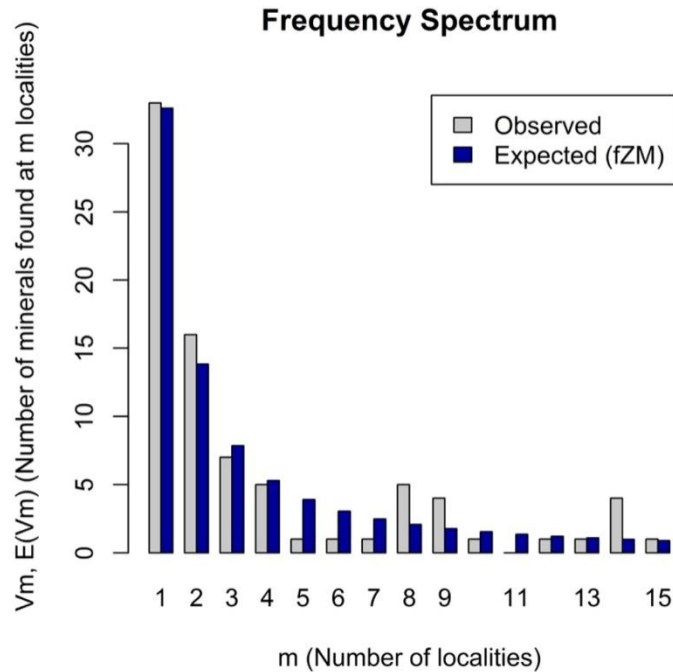
Earth's mineralogical diversity arises from both deterministic processes and frozen accidents. We apply statistical methods and comprehensive mineralogical databases to investigate chance versus necessity in mineral diversity-distribution relationships. Hundreds of mineral species, including most common rock-forming minerals, distinguish an "Earth-like" planet from other terrestrial bodies. However, most of Earth's ~5000 mineral species are rare, known from only a few localities. We demonstrate that, in spite of deterministic physical, chemical, and biological factors that control most of our planet's mineral diversity, Earth's mineralogy is unique in the cosmos.

© 2015 Elsevier B.V. All rights reserved.

Statistical analysis of mineral diversity and distribution: Earth's mineralogy is unique

G. Hystad et al. / *Earth and Planetary Science Letters* 426 (2015) 154–157

155



OUTLOOKS IN EARTH AND PLANETARY MATERIALS
On the mineralogy of the “Anthropocene Epoch”

ROBERT M. HAZEN^{1,*}, EDWARD S. GREW², MARCUS J. ORIGLIERI³, AND ROBERT T. DOWNS³

¹Geophysical Laboratory, Carnegie Institution for Science, 5251 Broad Branch Road NW, Washington, D.C. 20015, U.S.A.

²School of Earth and Climate Sciences, University of Maine, Orono, Maine 04469, U.S.A.




³Department of Geosciences, University of Arizona, 1040 East 4th Street, Tucson, Arizona 85721-0077, U.S.A.

ABSTRACT

The “Anthropocene Epoch” has been proposed as a new post-Holocene geological time interval—a period characterized by the pervasive impact of human activities on the geological record. Prior to the influence of human technologies, the diversity and distribution of minerals at or near Earth’s surface arose through physical, chemical, and/or biological processes. Since the advent of human mining and manufacturing, particularly since the industrial revolution of the mid-eighteenth century, mineral-like compounds have experienced a punctuation event in diversity and distribution owing to the pervasive impact of human activities. We catalog 208 mineral species approved by the International Mineralogical Association that occur principally or exclusively as a consequence of human processes. At least three types of human activities have affected the diversity and distribution of minerals and mineral-like compounds in ways that might be reflected in the worldwide stratigraphic record. The most obvious influence is the widespread occurrence of synthetic mineral-like compounds, some of which are manufactured directly for applications (e.g., YAG crystals for lasers; Portland cement) and others that arise indirectly (e.g., alteration of mine tunnel walls; weathering products of mine dumps and slag). A second human influence on the distribution of Earth’s near-surface minerals relates to large-scale movements of rocks and sediments—sites where large volumes of rocks and minerals have been removed. Finally, humans have become relentlessly efficient in redistributing select natural minerals, such as gemstones and fine mineral specimens, across the globe. All three influences are likely to be preserved as distinctive stratigraphic markers far into the future.

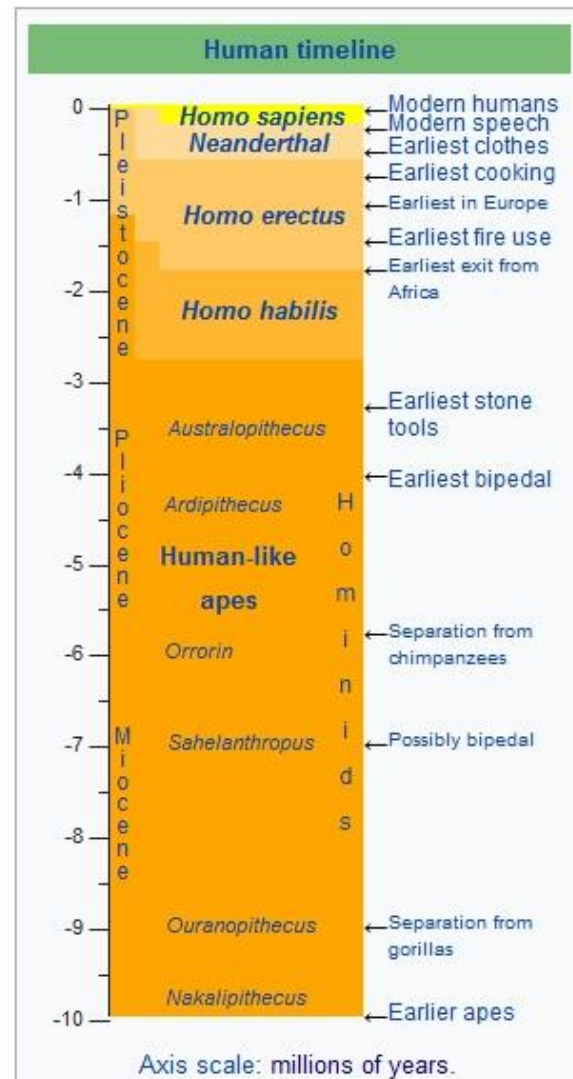
Keywords: Mineral evolution, archeology, new minerals, mining, philosophy of mineralogy, sociology of mineralogy, Anthropocene Epoch

Geologic Time Scale

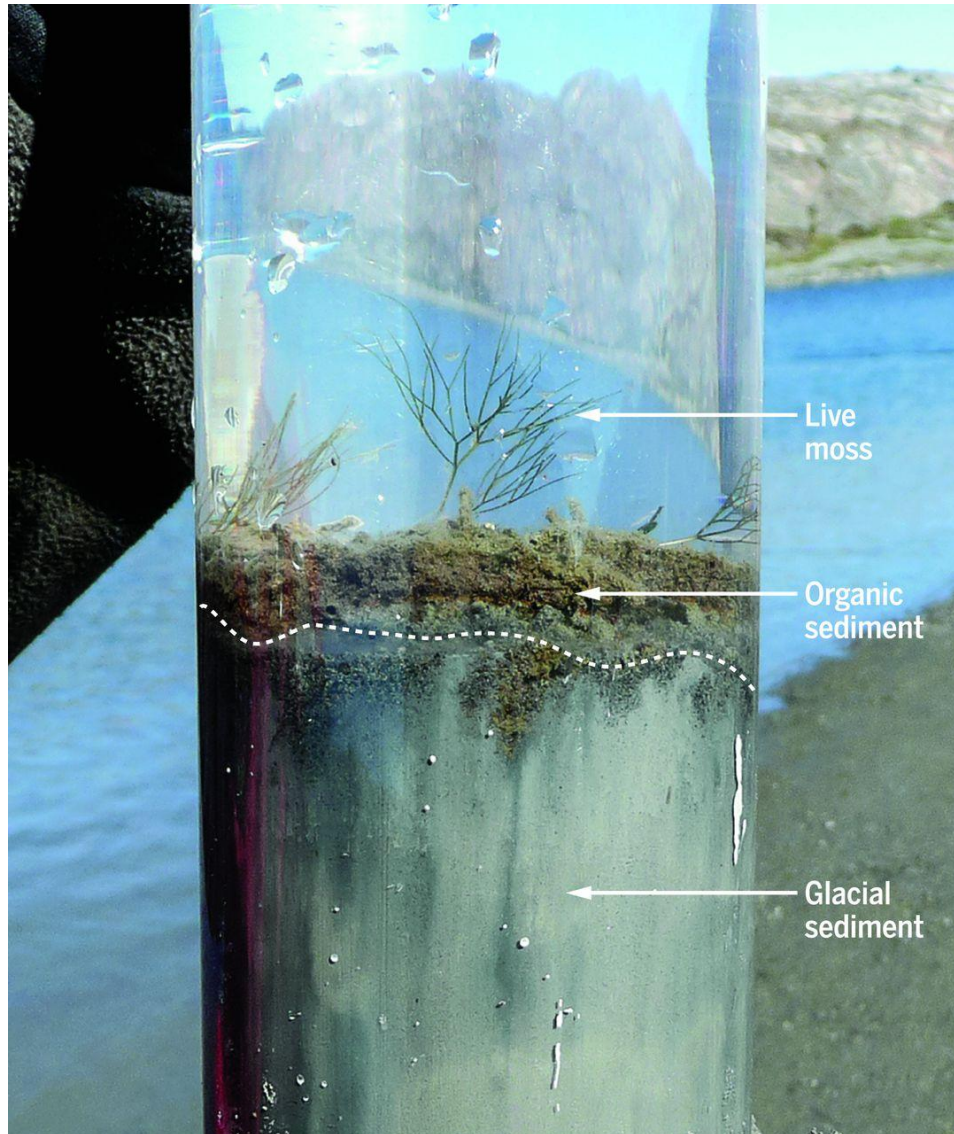
EON	ERA	PERIOD	EPOCH	DESCRIPTION	MILLION YEARS PAST	
PHANEROZOIC	CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	 <p>Glaciers moved into northeast Kansas at least twice, leaving behind red quartzite boulders and powdery silt called loess. Later the climate was dry. Sand dunes formed by wind in the west. Volcanic ash was blown in from California, New Mexico, and Wyoming. Fossils of Ice Age mammals found.</p>	23	
			PLEISTOCENE			
		NEOGENE	PLIOCENE			
			MIOCENE			
		PALEOGENE	OLIGOCENE			
	MESOZOIC	MESOZOIC	CRETACEOUS		 <p>Much of western Kansas covered by seas. Dakota Formation sandstones, "Fencepost" limestone (characterized by clam fossils), and Niobrara chalk (source of large, vertebrate marine fossils) deposited. Volcano-like kimberlites explode to surface in eastern Kansas.</p>	66
					<p>Deposited in subsurface of western one-fifth of the state. Terrestrial (nonmarine) deposits mainly shale and sandstone.</p>	145
			JURASSIC		201	
			TRIASSIC		252	
		PALEOZOIC	PERMIAN		 <p>Shallow seas deposited limestone, shale, and chert that form Flint Hills in eastern Kansas. Invertebrate fossils common. Later, shale, siltstone, sandstone, dolomite, and gypsum—rocks that form the Red Hills in south-central Kansas—were deposited. Salt deposited, now mined in central Kansas. Subsurface rocks produce a considerable amount of natural gas in western Kansas.</p>	299
				<p>Shallow seas, swamps, and river channels deposited shale, limestone, sandstone, chert, conglomerates, and coal found at the surface in eastern Kansas. Invertebrate fossils common. Two ridges of hills—Nemaha uplift and Central Kansas uplift—appeared; both now buried. Subsurface rocks source of oil and natural gas.</p>	323	
CARBONIFEROUS			PENNSYLVANIAN subperiod		359	
			MISSISSIPPIAN subperiod		419	
DEVONIAN				443		
SILURIAN				485		
ORDOVICIAN		541				
CAMBRIAN		2,500				
PROTEROZOIC			4,000			
ARCHEAN						

REFERENCE: International Stratigraphic Chart, 2012, International Commission on Stratigraphy.

Holocene (Ολόκαινο):
ΜΕΣΟΛΙΘΙΚΗ ΕΠΟΧΗ
 11650 bp (9632 π.χ.)



Indicators of the Anthropocene in recent lake sediments differ markedly from Holocene signatures



These include unprecedented combinations of plastics, fly ash, radionuclides, metals, pesticides, reactive nitrogen, and consequences of increasing greenhouse gas concentrations. In this sediment core from west Greenland (69°03'N, 49°54'W), glacier retreat due to climate warming has resulted in an abrupt stratigraphic transition from proglacial sediments to nonglacial organic matter, effectively demarcating the onset of the Anthropocene. [Photo credit: J. P. Briner]

Home > Volume 95 Issue 15 > Minerals formed due to people's activity may mark Anthropocene epoch

Volume 95 Issue 15 | pp. 21-22

Issue Date: April 10, 2017 | Web Date: April 4, 2017

Minerals formed due to people's activity may mark Anthropocene epoch

Researchers catalog more than 200 human-influenced minerals

By Ryan Cross, special to C&EN

[+]Enlarge

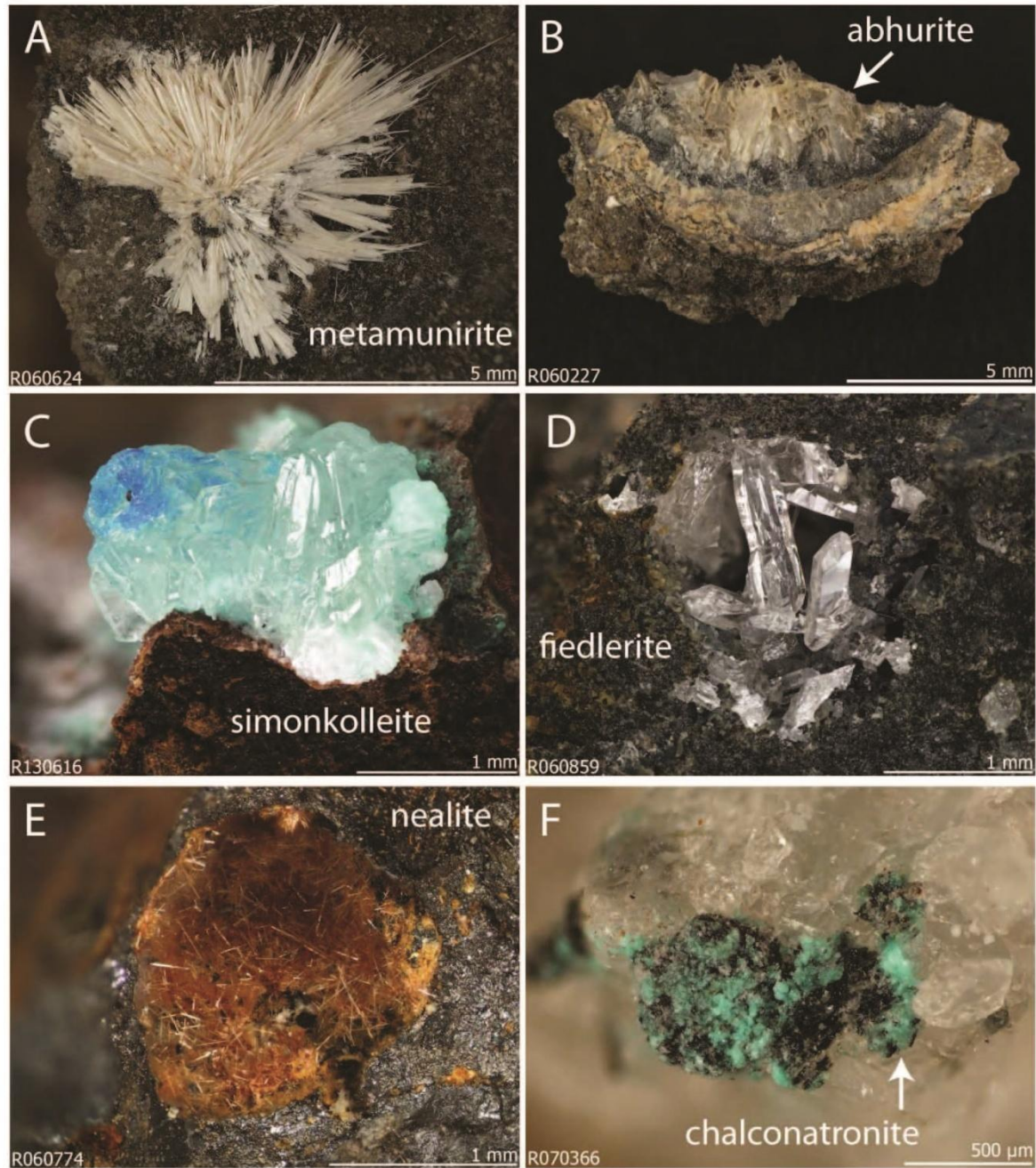


0 0

f

Print

Email



NEWS

Home | Video | World | UK | Business | Tech | Science | Stories | Entertainment & Arts

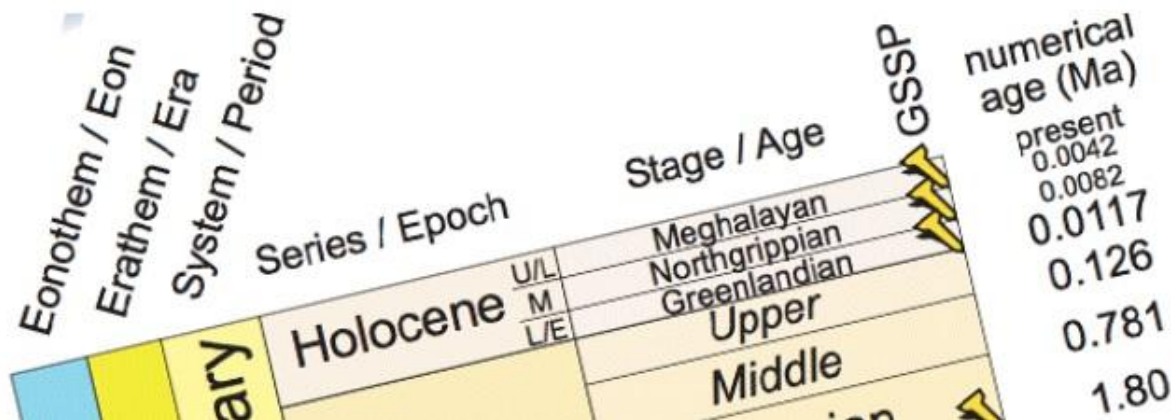
Science & Environment

Welcome to the Meghalayan Age - a new phase in history

By Jonathan Amos
BBC Science Correspondent

18 July 2018

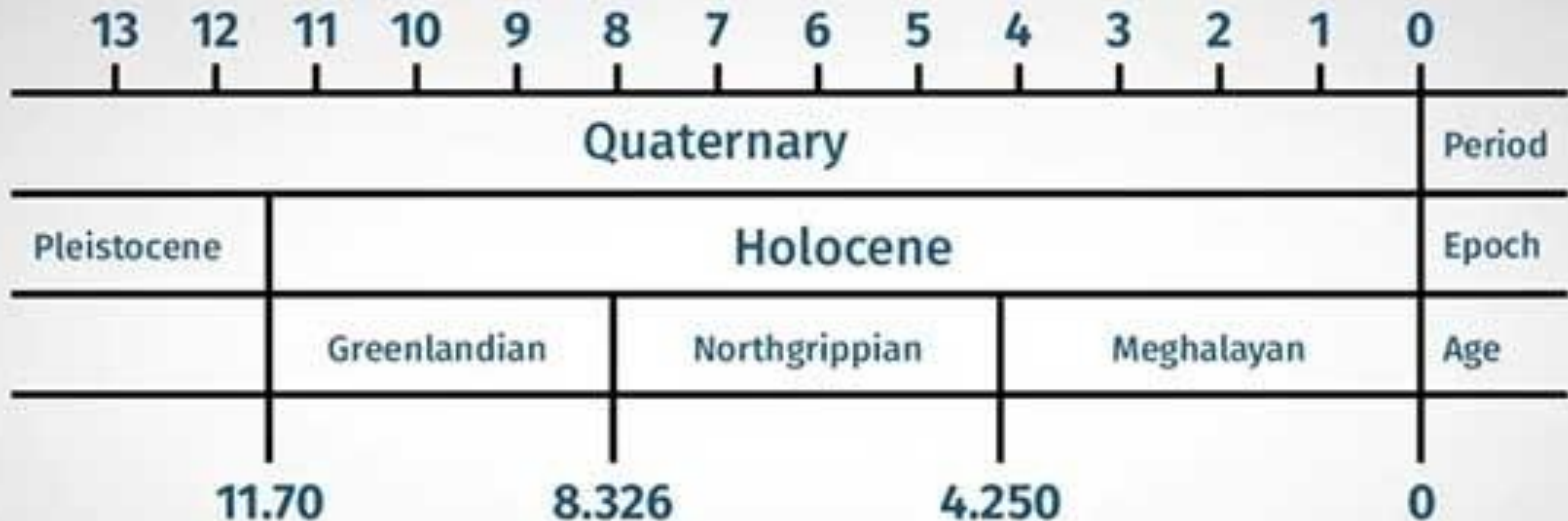
f Share



New Geologic Ages

as announced by the International Commission on Stratigraphy

Thousands of calendar years before 2000 CE



11.70
NorthGRIP2 ice core,
Greenland (192.45 m depth)



NorthGRIP1 ice core,
Greenland



Mawmluh Cave Speleothem,
Meghalaya, India

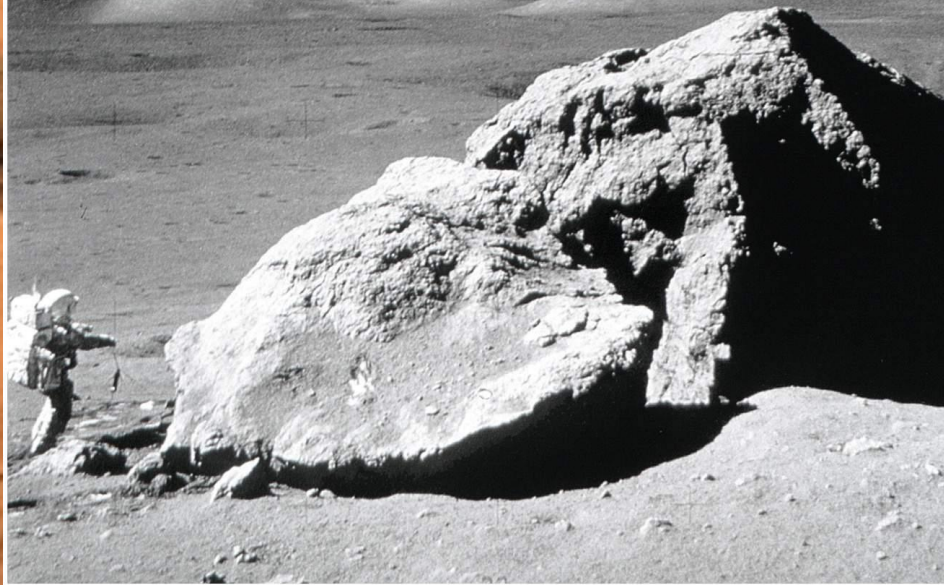
Triazolite, $\text{NaCu}_2(\text{N}_3\text{C}_2\text{H}_2)_2(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, a new mineral species containing 1,2,4-triazolate anion, from a guano deposit at Pabellón de Pica, Iquique Province, Chile



Οι κλάδοι της **Σύγχρονης Ορυκτολογίας** που εμφανίζουν εξαιρετικές προοπτικές μελλοντικής ανάπτυξης είναι η Πλανητική Ορυκτολογία, η Βιο-Ορυκτολογία / Βιο-Ορυκτογένεση, η Ιατρική Ορυκτολογία και η **NANO-ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ (NANOMINERALOGY)** που σχετίζεται τόσο με την **ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ** όσο και με το προσφάτως καθορισμένο πεδίο της **NANOΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΗΣ (NANOGEOSCIENCE)**



Σελήνη



Μετωωρίτες

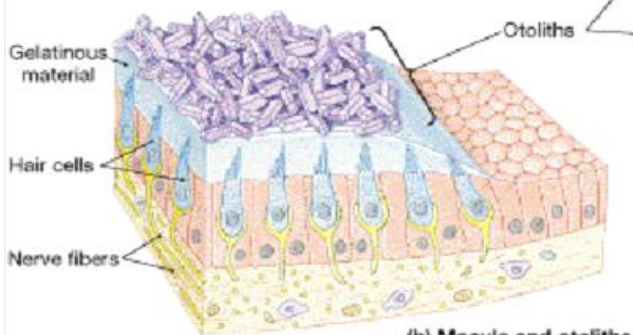
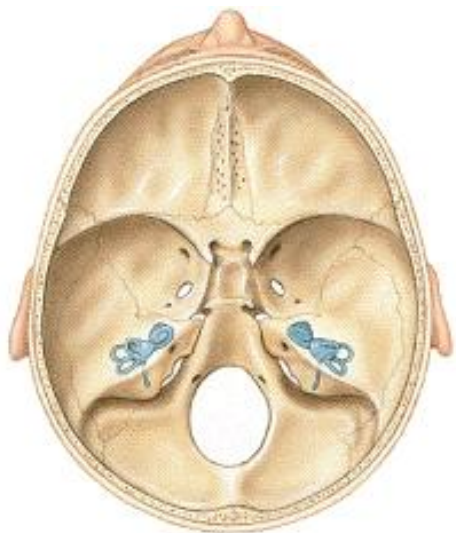


ΠΛΑΝΗΤΙΚΗ
ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ

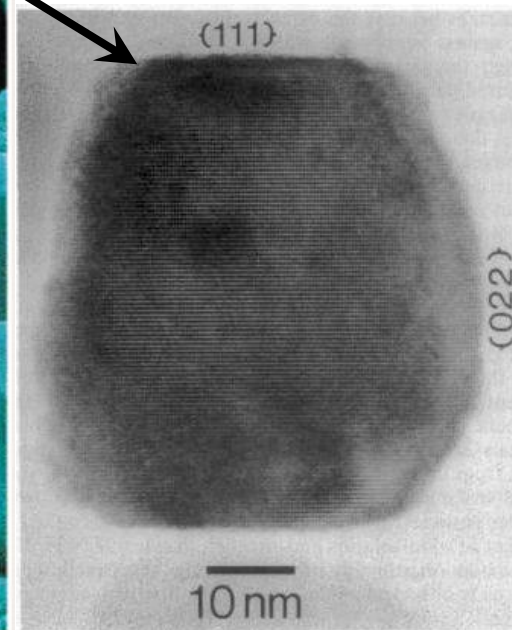
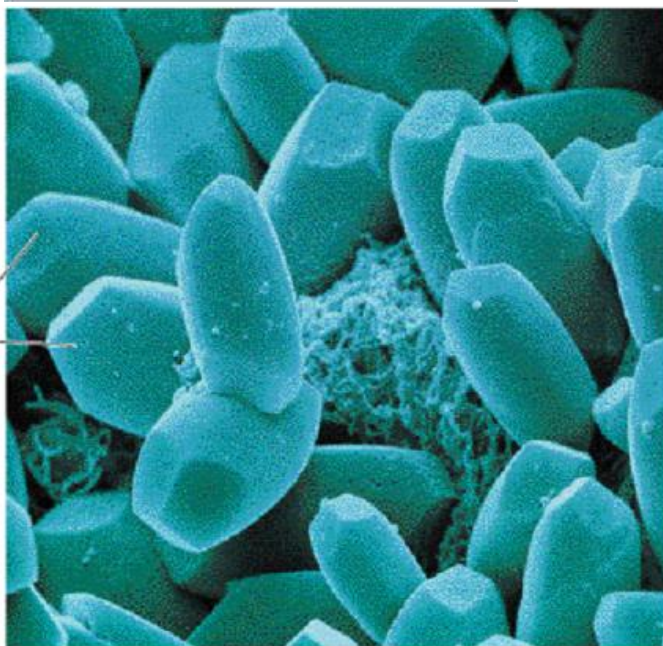


Άρης

ΒΙΟ-ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ / ΒΙΟ-ΟΡΥΚΤΟΓΕΝΕΣΗ



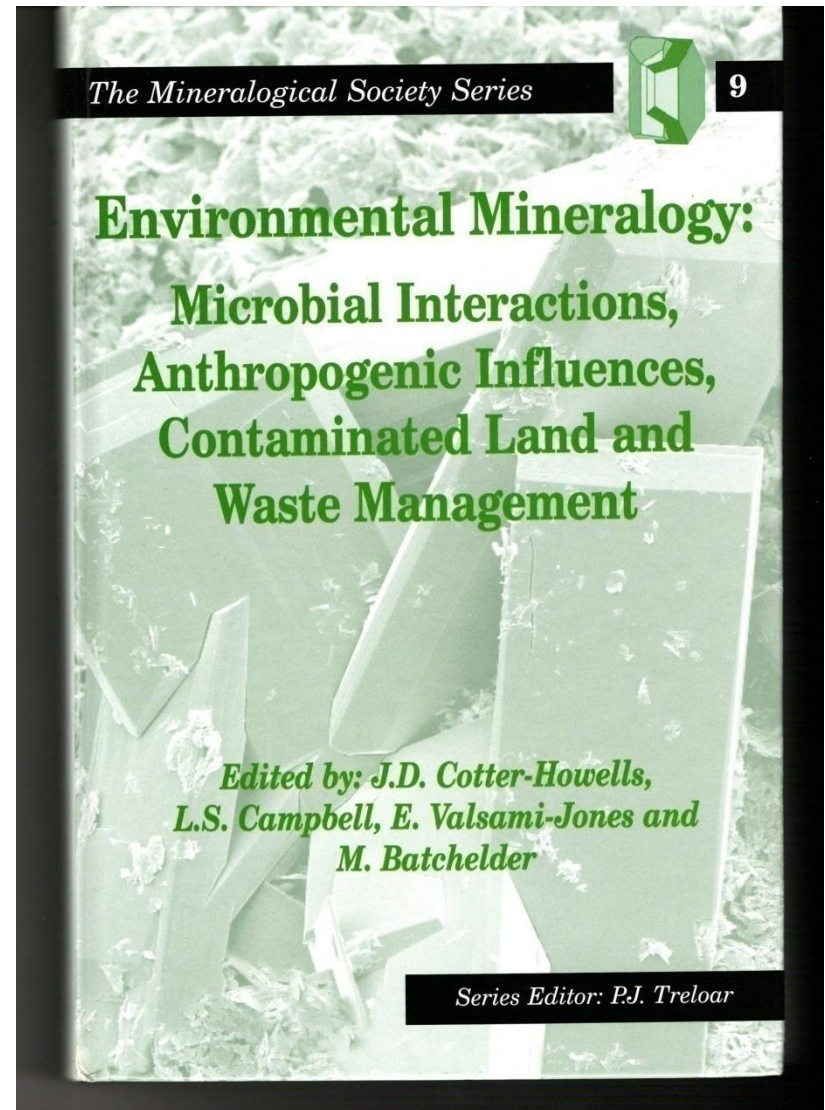
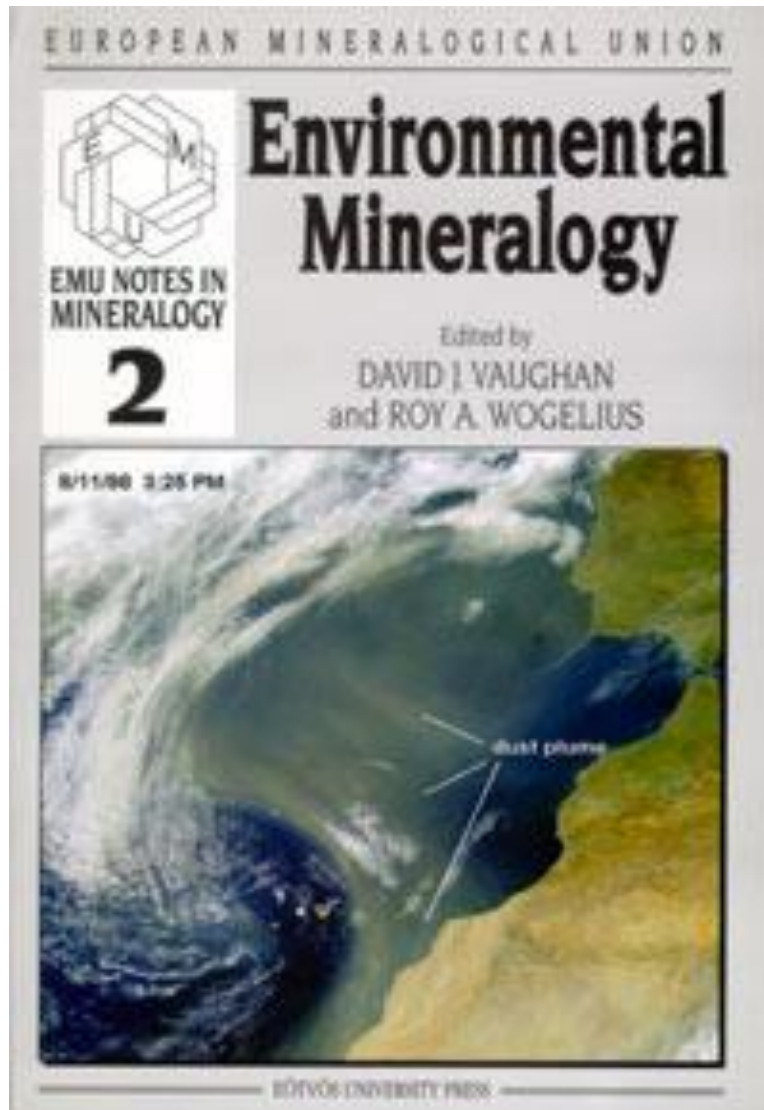
(b) Macula and otoliths



ΙΑΤΡΙΚΗ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ





Environmental Mineralogy: New Challenges, New Materials

Georges Calas¹, Paul F. McMillan², and Rizlan Bernier-Latmani³

1811-5209/15/0011-0247\$2.50 DOI: 10.2113/gselements.11.4.247

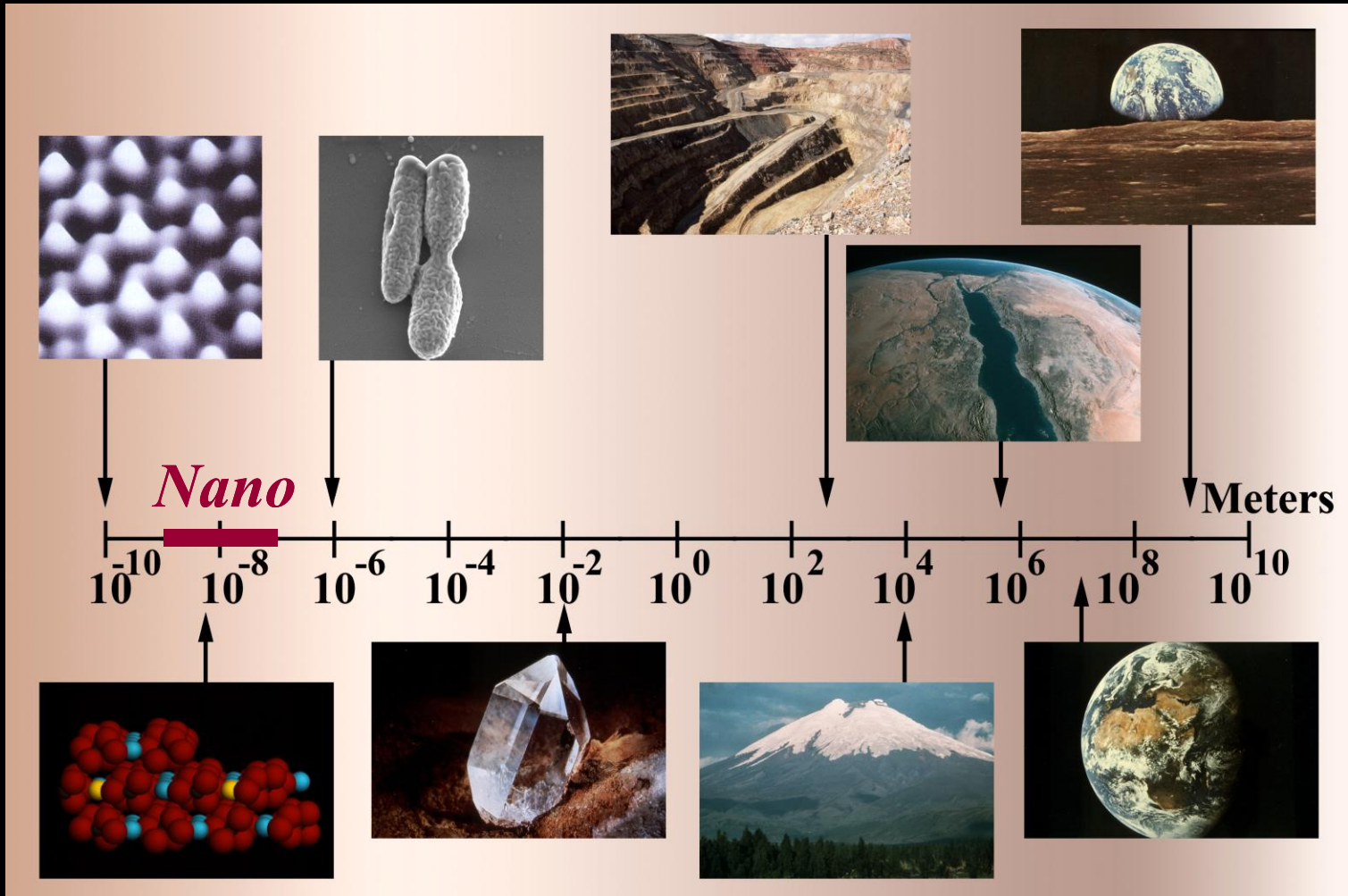
The close links between mineralogy and materials science are leading to major developments in how society deals more effectively with energy and environmental challenges. The fast expanding field of “environmental mineralogy” helps mitigate major environmental issues related to the impact of anthropic activities on the global ecosystem. Focusing on energy-related materials and environmental cleanup, this article shows how minerals inspire us to design new materials for advanced technologies needed for energy production, managing contaminated areas, and disposing of nuclear waste. We illustrate the environmental importance of nanomaterials, non- and poorly crystalline phases, and the interactions between minerals and ubiquitous microbial activity.

Cryo-transmission electron microscope image of a bacterial cell surface encrusted by UO_2 and budding a vesicle, after reduction of aqueous U(VI) to U(IV) by *Shewanella oneidensis* strain MR-1.
IMAGE FROM SHAO ET AL. (2014)

by these instruments and methods have led to more robust environmental models.

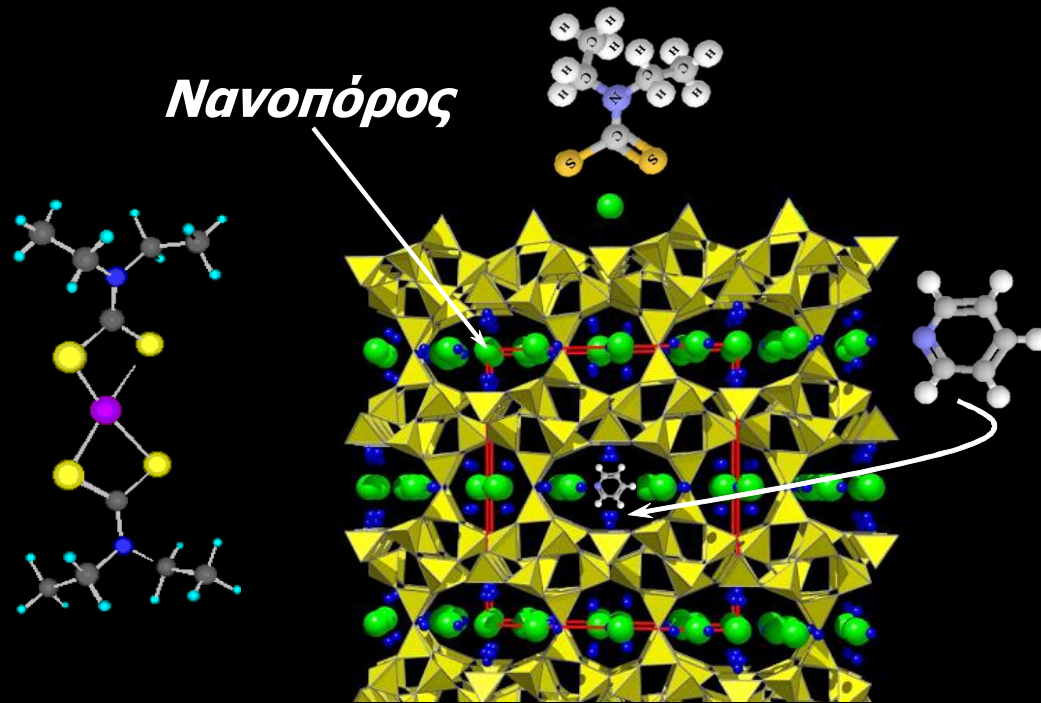
A unified view of the environmental behavior of specific elements comes from determining their speciation in fluids, in minerals and on mineral surfaces and, more recently, at the biomineral interface. It is now recognized that the conditions that control

NANO-ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ / ΝΑΝΟΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΗ



ΝΑΝΟ-ΟΥΚΤΟΛΟΓΙΑ / ΝΑΝΟΓΕΩΠΙΣΤΗΜΗ

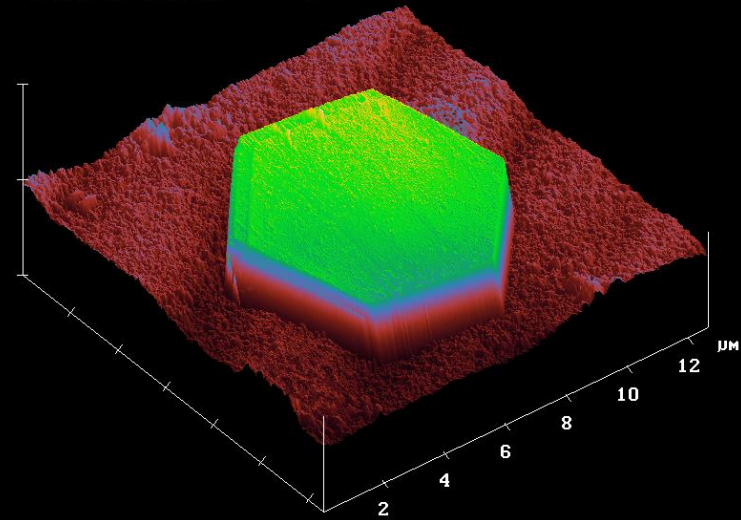
Νανοπόρος



NanoScope
Scan size 12.55 μm
Setpoint 1.491 U
Scan rate 1.001 Hz
Number of samples 512

Tapping AFM
12.55 μm
1.491 U
1.001 Hz
512

X 2.000 $\mu\text{m}/\text{div}$
Z 500.000 nm/div



Νανोकρύσταλλοι

RESEARCH

RESEARCH ARTICLE

INTERSTELLAR DUST

Evidence for interstellar origin of seven dust particles collected by the Stardust spacecraft

Andrew J. Westphal,^{1*} Rhonda M. Stroud,² Hans A. Bechtel,³ Frank E. Brenker,⁴ Ama L. Butterworth,¹ George J. Flynn,⁵ David R. Frank,⁶ Zack Gainsforth,¹ Jon K. Hillier,⁷ Frank Postberg,⁸ Alexandre S. Simionovic,⁹ Verle J. Sterken,^{9,10,11,12} Larry R. Nittler,¹³ Carlton Allen,¹⁴ David Anderson,¹ Asna Ansari,¹⁵ Saša Baj,¹⁶ Ron K. Bastien,⁴ Nabil Bassim,² John Bridges,¹⁷ Donald E. Brownlee,¹⁸ Mark Burchell,¹⁹ Manfred Barghammer,²⁰ Hitesh Changela,²¹ Peter Cloetens,²² Andrew M. Davis,²³ Ryan Doll,²⁴ Christine Floss,²⁴ Eberhard Grün,²⁵ Philipp R. Heck,¹² Peter Hoppe,²⁶ Bruce Hudson,²⁷ Joachim Huth,²⁸ Anton Kearsley,²⁹ Ashley J. King,²³ Barry Lai,²⁹ Jan Leitner,²⁶ Laurence Lendle,³⁰ Ariel Leonard,²⁴ Hugues Leroux,²¹ Robert Lettieri,¹ William Marchant,¹ Ryan Oglflore,³² Wei Jia Ong,²⁴ Mark C. Price,¹⁹ Scott A. Sandford,³³ Juan-Angel Sans Tresseras,²² Sylvia Schmitz,⁴ Tom Schoorjans,²⁰ Kate Schreiber,²⁴ Geert Silversmit,²⁰ Vicente A. Soló,²² Ralf Srna,²⁴ Frank Stadermann,²⁴ Thomas Stephan,²³ Julien Stodolna,¹ Stephen Sutton,²⁹ Mario Trieloff,⁷ Peter Tsou,²⁵ Tolek Tykiszczak,² Bart Vekemans,²⁰ Laszlo Vincze,²⁰ Joshua Von Korf,¹ Naomi Wordsworth,²⁶ Daniel Zevin,¹ Michael E. Zolensky,¹⁴ 30714 Stardust@home dusters²⁷

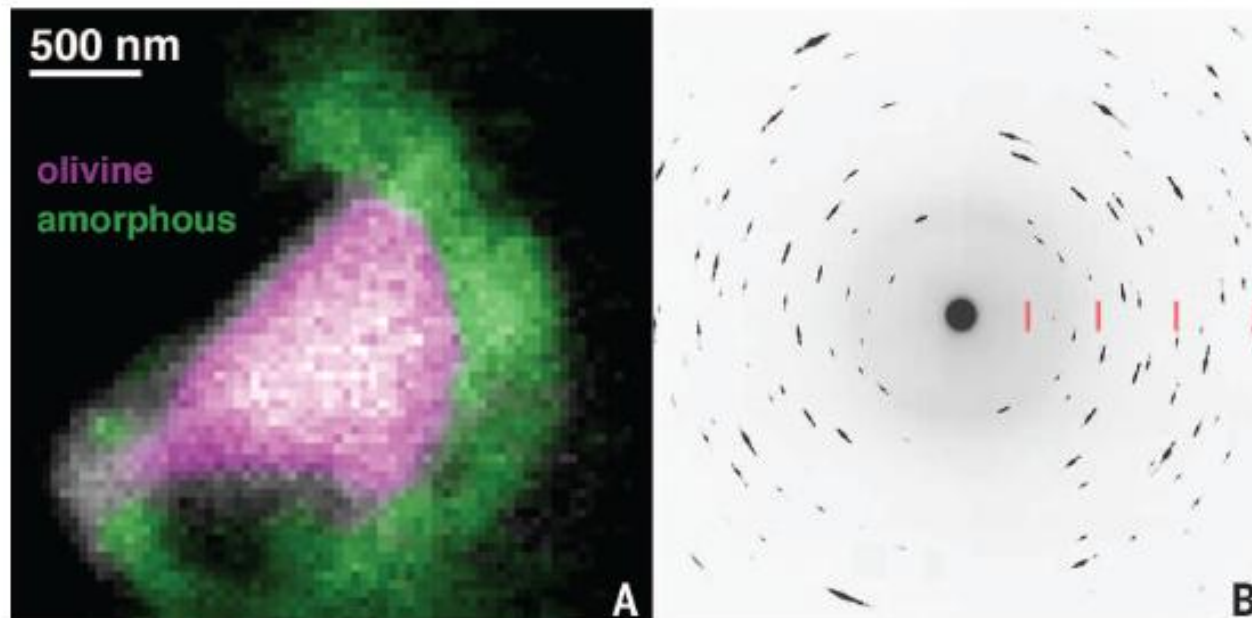
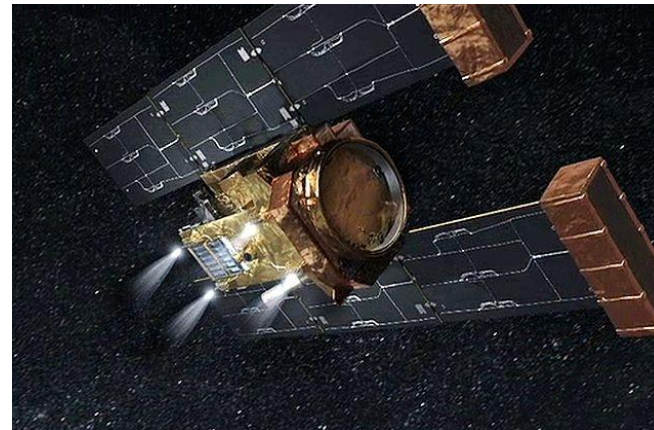
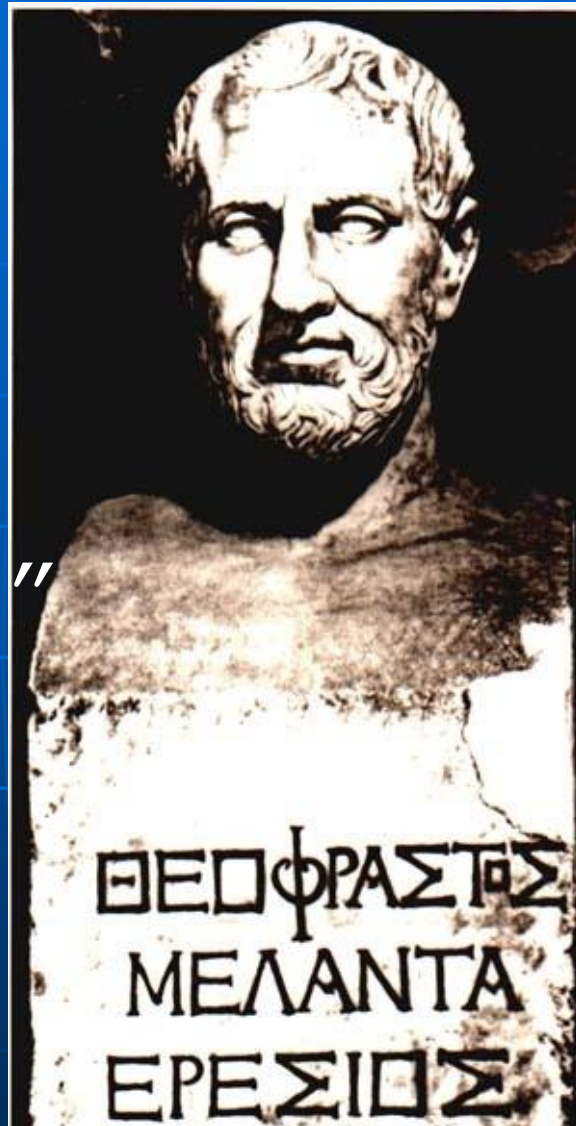


Fig. 2. Track I1047,134,0,0 ("Hylabrook"). (A) Bi-color olivine + amorphous phase map derived from STXM Mg XANES data. (B) XRD pattern taken at 13.9 keV. Tick marks at d-spacings of 6, 3, 2, and 1.55 Å are indicated.

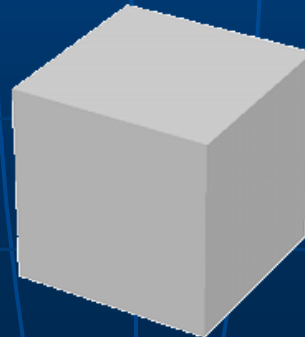
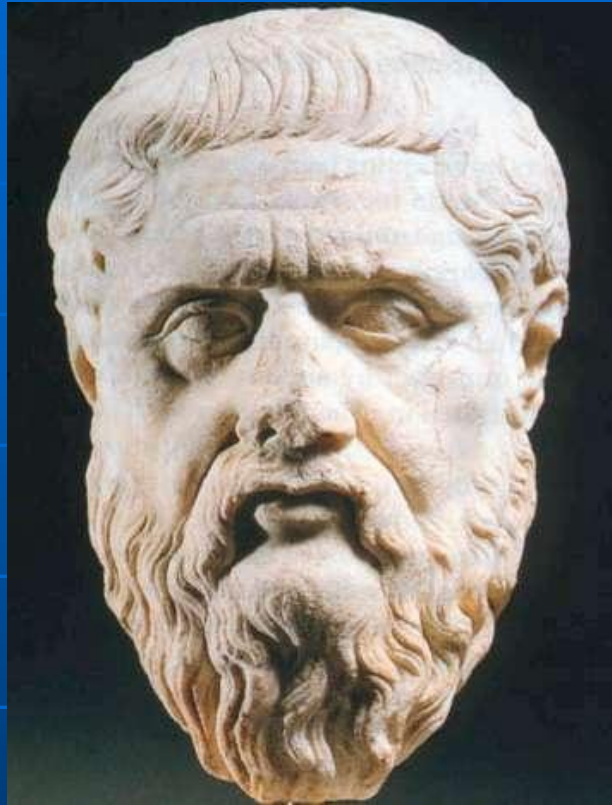
“Περί Λίθων”



372 π. χ.



ΠΛΑΤΩΝΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ



ΚΑΝΟΝΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ (ΚΥΡΤΑ)



ΤΕΤΡΑΕΔΡΙΤΗΣ



ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ

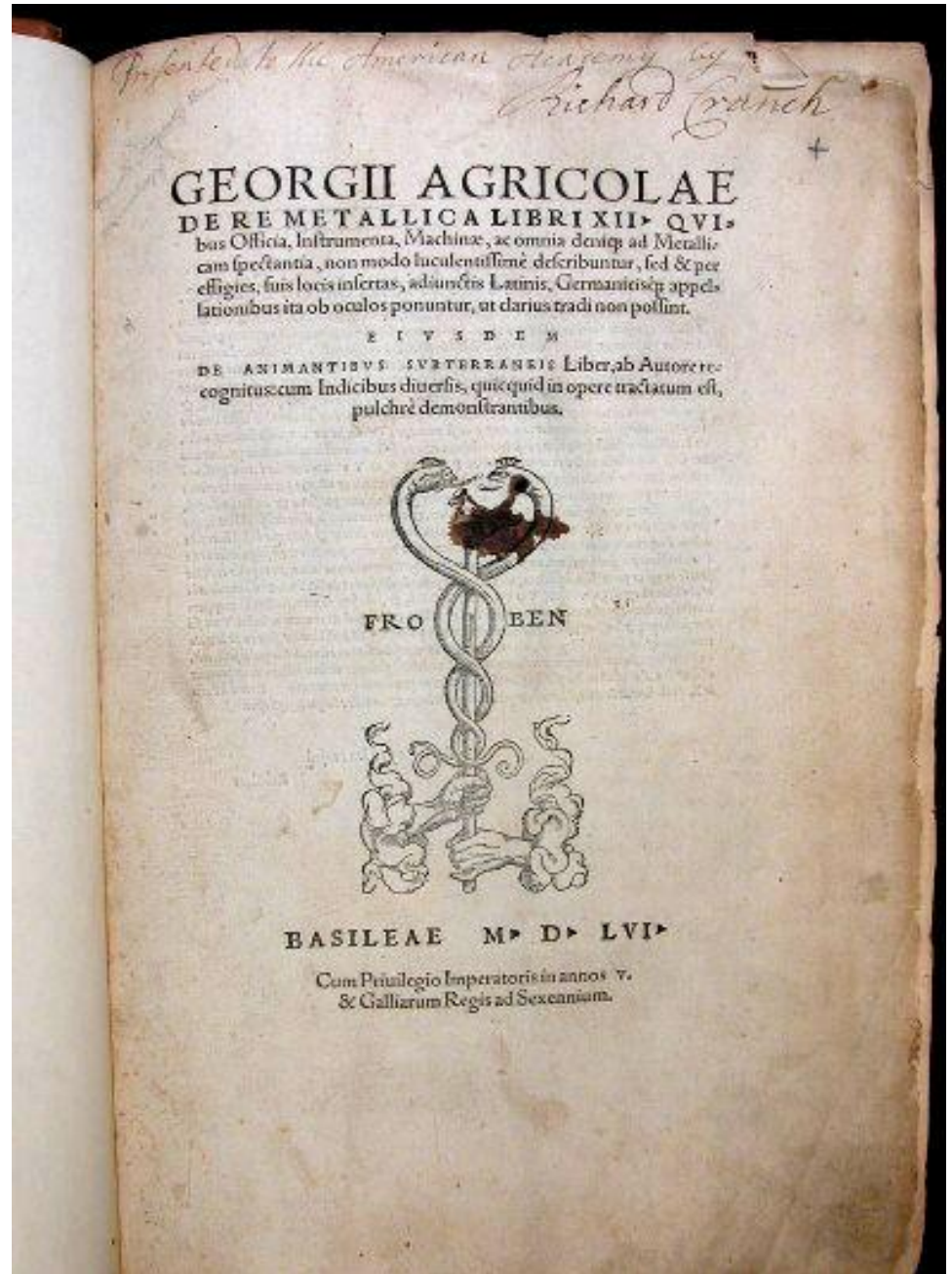


ΔΙΑΜΑΝΤΙ



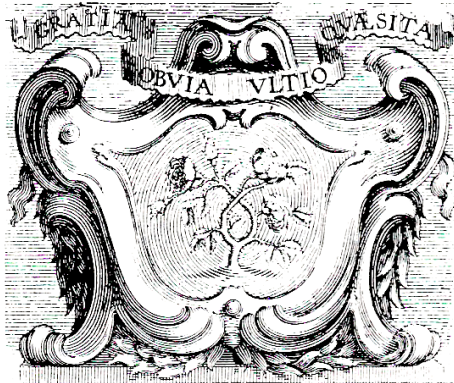
Georgius Agricola
(GEORG BAUER)

De re metallica
1556



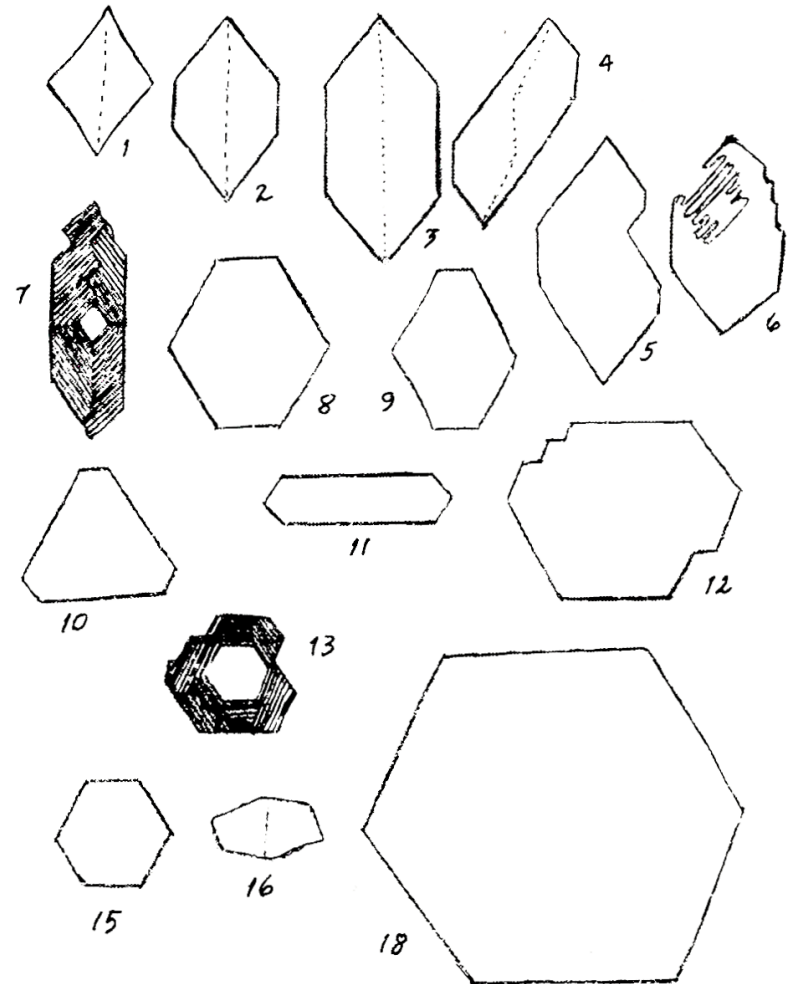
NICOLAUS (NICOLAI) STENO (STENONIS)
De Solido intra Solidum naturaliter contento,
Dissertationes Prodromus (1669)

NICOLAI STENONIS
DE SOLIDO
INTRA SOLIDVM NATVRALITER CONTENTO
DISSERTATIONIS PRODROMVS.
A D
SERENISSIMVM
FERDINANDVM II.
MAGNV M ETRVRIÆ DVCEM.



FLORENTIÆ

Ex Typographia sub signo STELLÆ MDCLXIX.
SVPERIORVM PERMISSV.



Essai
de
Cristallographie
() (1772)



Jean Baptiste
Romé de l'Isle

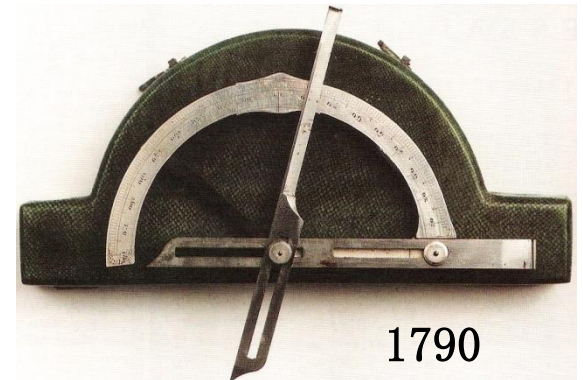
ESSAI
DE
CRISTALLOGRAPHIE,
OU
DESCRIPTION
DES FIGURES GÉOMÉTRIQUES,
*Propres à différens Corps du Regne Minéral,
connus vulgairement sous le nom de Cristaux,*
AVEC FIGURES ET DÉVELOPPEMENS.
*Par M. DE ROMÉ DELISLE, de l'Académie
Electorale des Sciences utiles de Mayence.*



A PARIS,
Chez { DIDOT jeune, Libraire, Quai des
Augustins, près le Pont S. Michel.
KNAPEN & DELAGUETTE, Libraires-
Imprimeur, en face du Pont Saint
Michel.

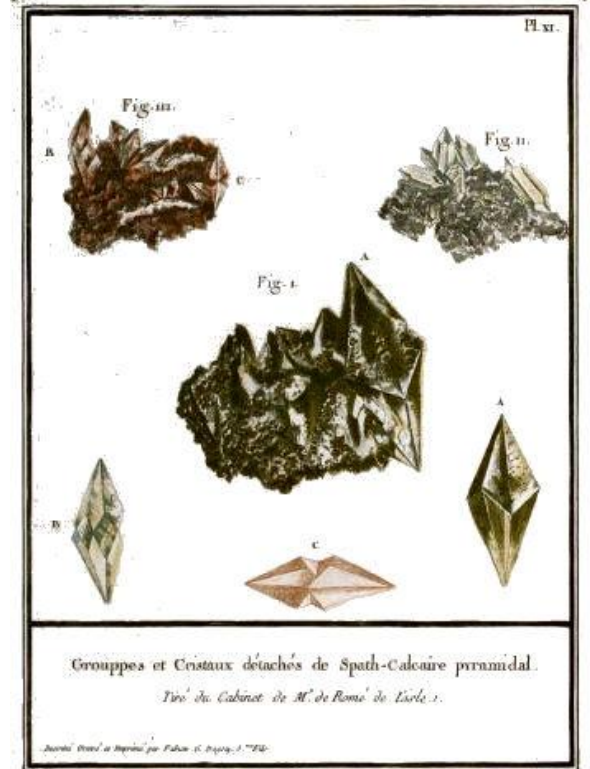
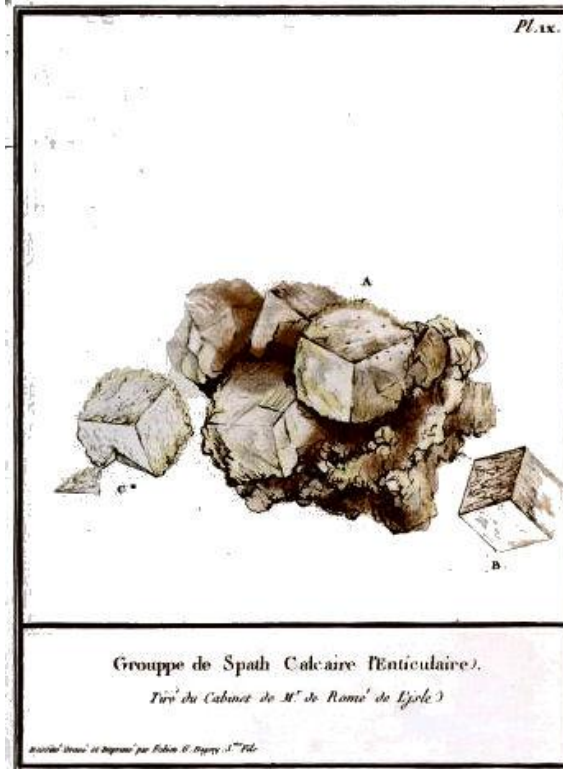
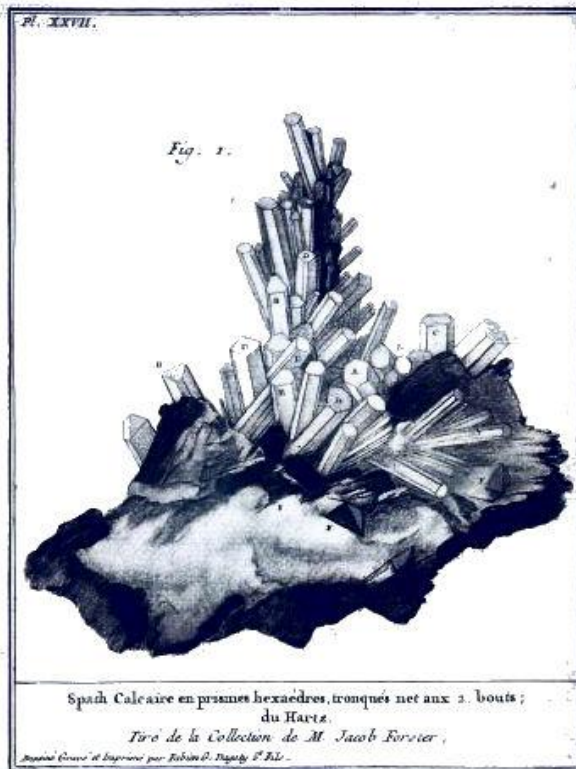
M. DCC. LXXII.

Avec Approbation & Privilège du Roi.



1790

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ (CaCO₃) ΤΟ 1781

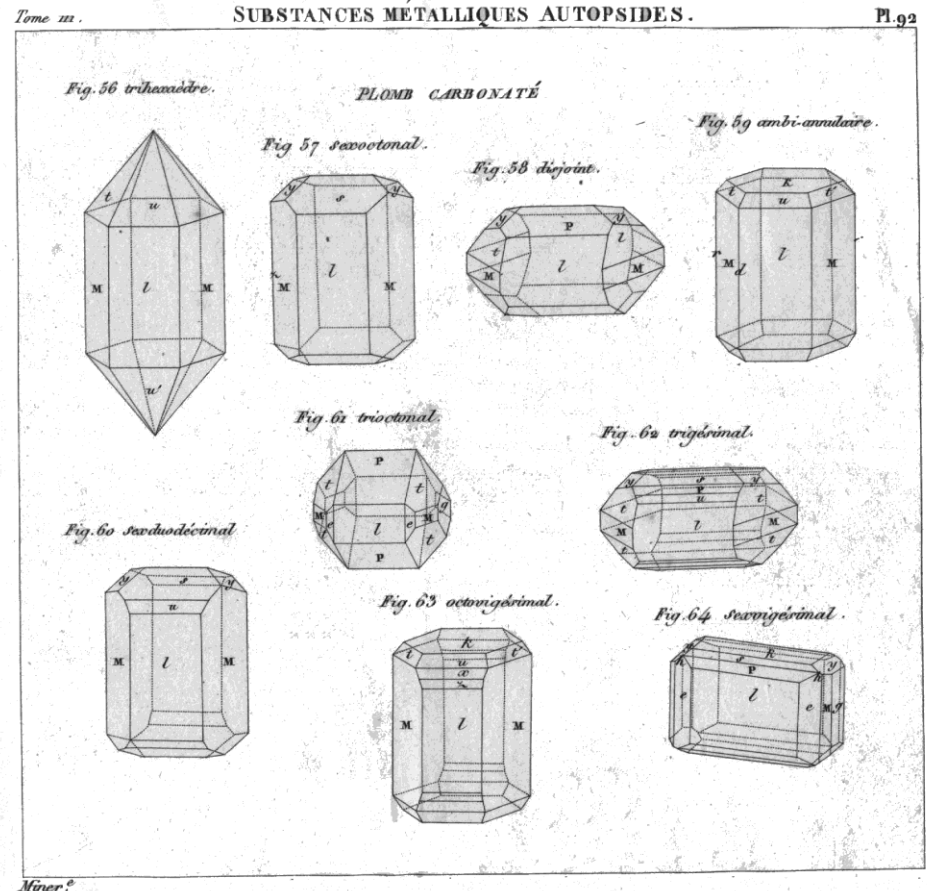


Essai d'une théorie sur a structure
des cristaux, appliquée à plusieurs
genres de substances cristallisées
(Paris, 1784)

Traité de Minéralogie (Paris, 1801)



RENÉ-JUST HAÛY



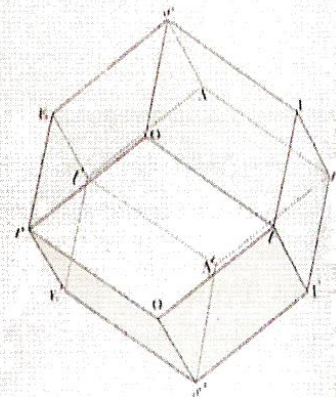
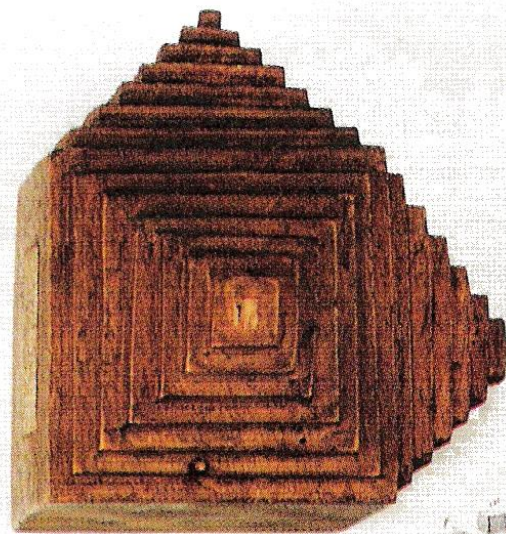


Fig. 2

Fig. 3

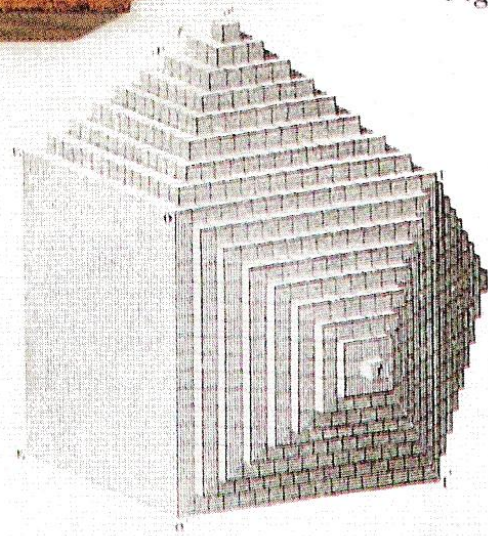
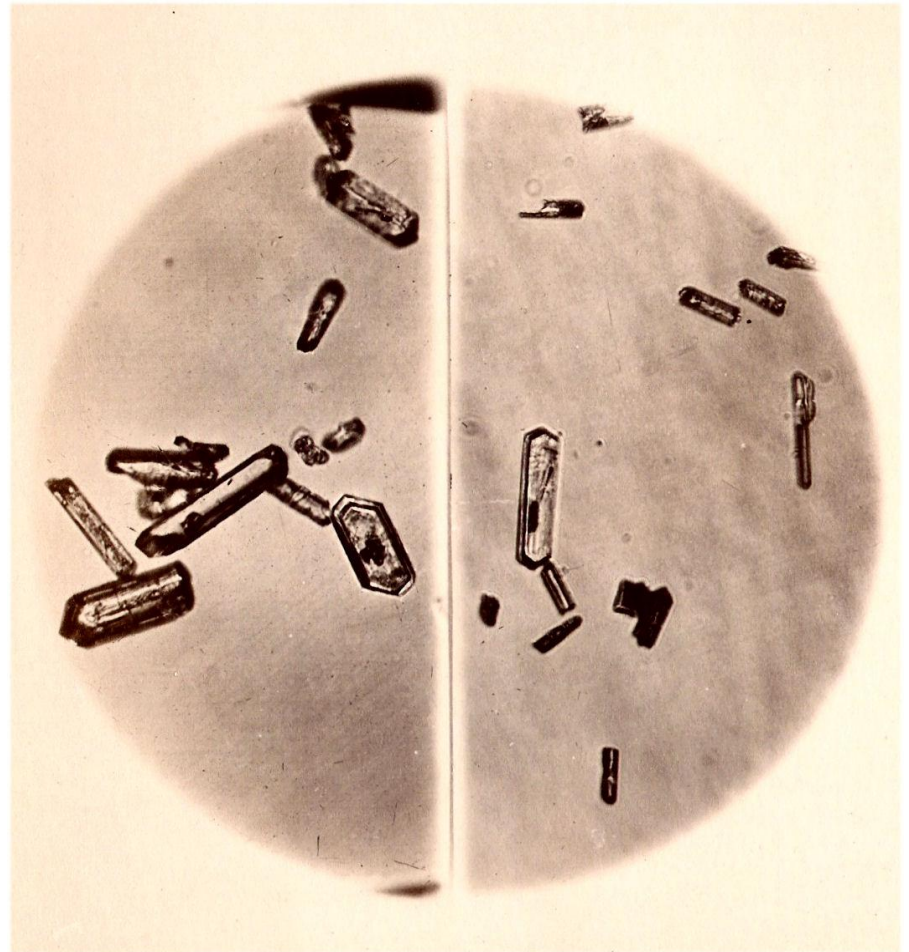
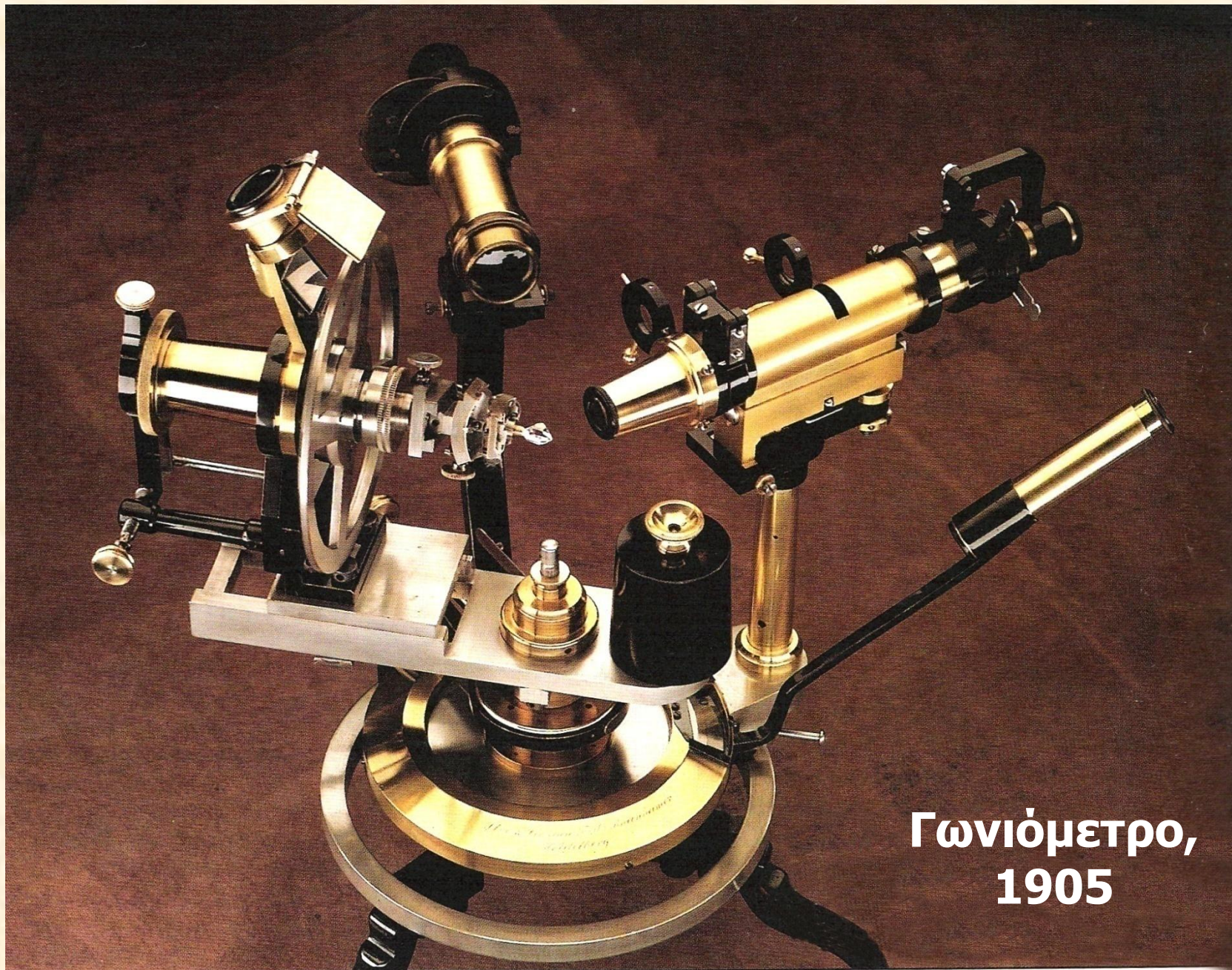


Fig. 6

Carl Zeiss, Jena, 1884



Κρύσταλλοι ζirkονίου
(ZrSiO₄) από γρανίτη, 1884



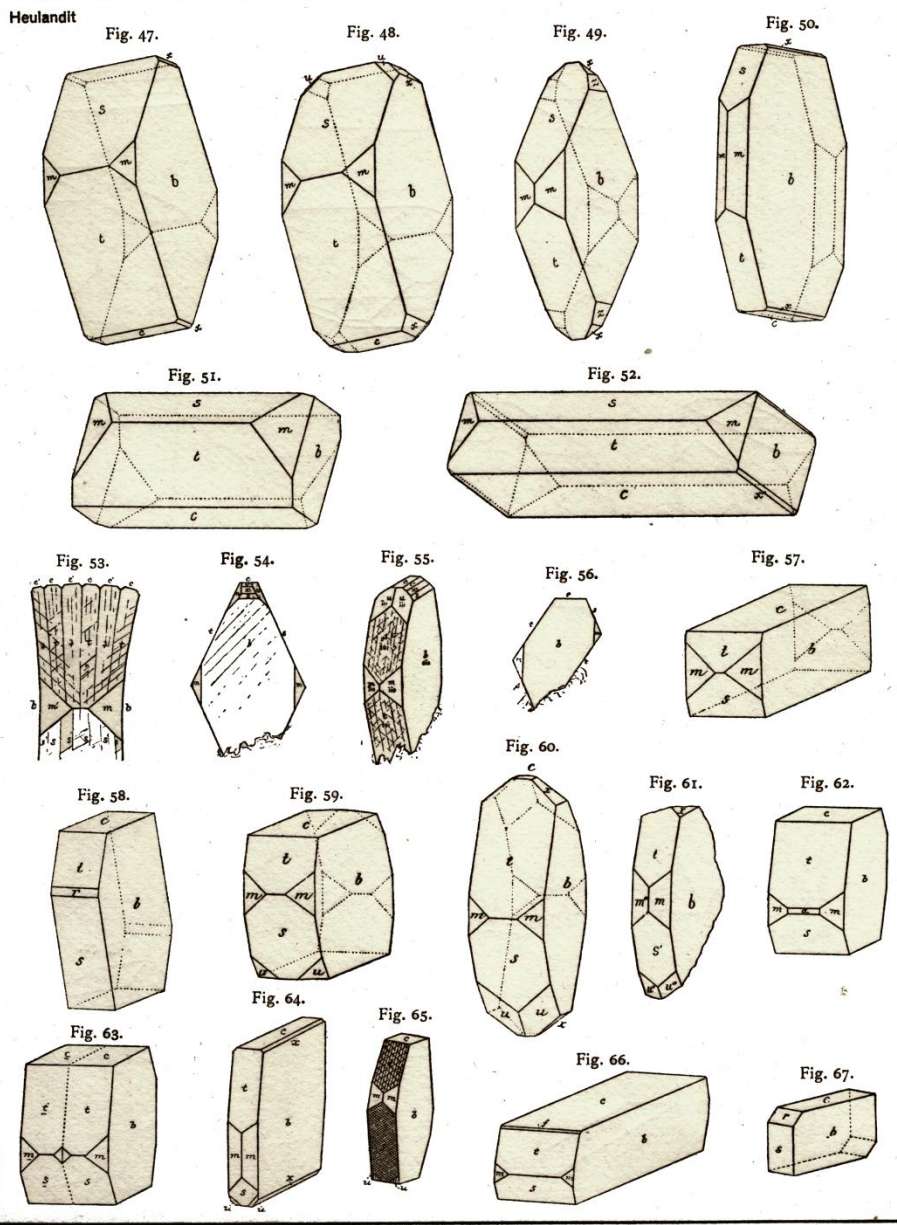
Γωνιόμετρο,
1905

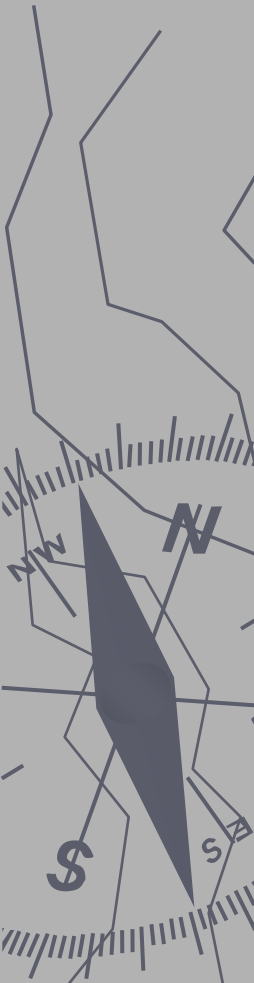
Atlas der Krystallformen Heidelberg, den 28. März 1923



Victor Goldschmidt

Heulandit





Ανδρέας Κορδέλλας



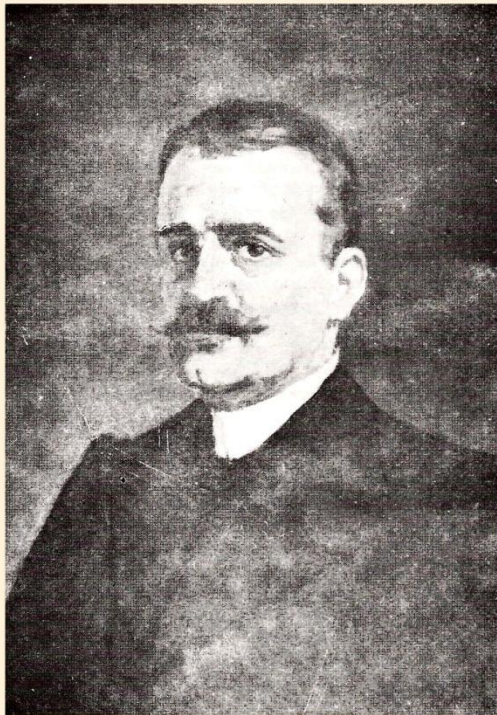
ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΛΑΥΡΙΟΥ.



ΑΝΔΡΕΑΣ Ι. ΚΟΡΔΕΛΛΑΣ
(Σμύρνη, 1836 –
Αθήνα, 1909)

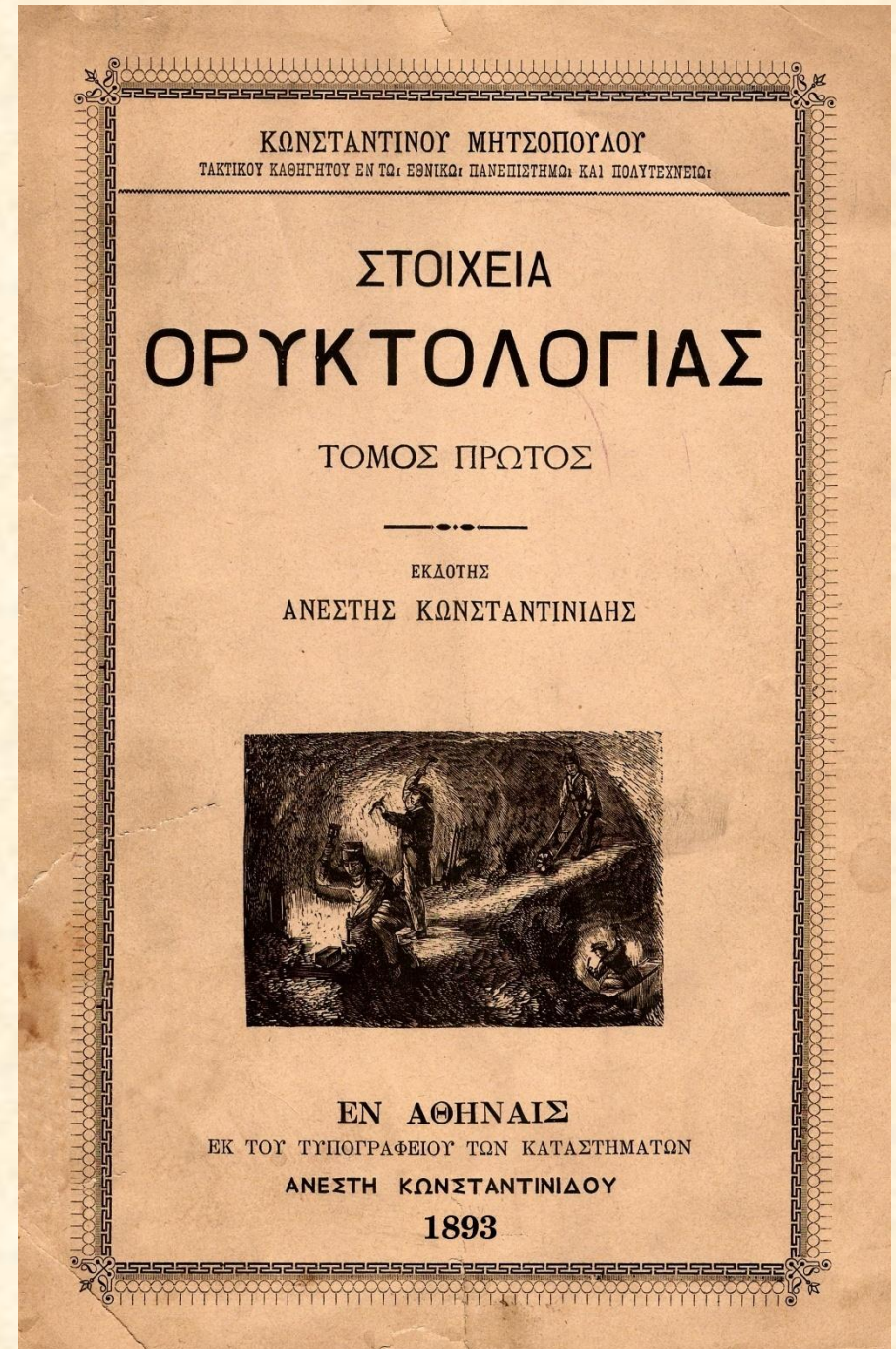
1859, διπλωματούχος
ορυκτολόγος του
Πανεπιστημίου του
Freiberg. 1860-1864,
μηχανικός στο
ύπουργείο
Οικονομικών της
Έλλάδος. 1864-1875,
ἀρχιμηχανικός στην
Έταιρία Ρουχ στο
Λαύριο. 1887- 1897,
γενικός διευθυντής
της Έλληνικής
Έταιρίας στο Λαύριο.
Χρημάτισε καθηγητής
στη Σχολή Εὐελπίδων,
μηχανικός του Δήμου
Αθηναίων κλπ.





Κ. Μητσόπουλος

Ο Καθηγητής **Κ. ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ**
δίδασκε το μάθημα της
Ορυκτολογίας έως το έτος
1910. Το 1910 εκλέγεται
Καθηγητής της ομώνυμης Έδρας
ο **Κ. ΚΤΕΝΑΣ** που δίδαξε μέχρι
το θάνατό του το 1935.



Καθηγητής Κ. ΚΤΕΝΑΣ
(1884 -1935)



Κωνσ. Α. Κτενας

Τελευταία φωτογραφία του καθηγητού ΚΤΕΝΑ,
ληφθείσα υπό του καθηγητού Π. ΚΟΚΚΟΡΟΥ.

ΚΩΝΣΤ. Α. ΚΤΕΝΑ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΤΗΣ ΑΙΓΙΑΣ
ΥΦΗΓΗΤΟΥ ΤΗΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΝΩΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ

ΟΡΥΚΤΟΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

ΜΕΤΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΥ ΤΩΝ ΕΝ ΕΛΛΑΔΙ ΟΡΥΚΤΩΝ

ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΤΥΠΟΙΣ Π. Δ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ

1910

Καθηγητής Π. ΚΟΚΚΟΡΟΣ

Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης



Πέτρος Κόκκορος

ΚΤΕΝΑΣΙΤΗΣ
(1950)



Aus dem Mineralogischen Institut der Universität Thessaloniki, Griechenland.

Ktenasit, ein Zink-Kupfersulfat aus Lavrion (Griechenland).

Von
P. Kokkoros.

Mit 2 Textabbildungen.

(Eingelangt am 29. März 1949.)

Bei Gelegenheit der Bestimmung der Mineralarten einer aus der Erzgrube von *Kamareza* in *Lavrion* (*Attika*) stammenden Sammlung des Mineralogischen Instituts der Universität Thessaloniki bin ich auf ein Mineral gestoßen, das, seinen äußeren Merkmalen nach, mir als ungewöhnlich erschien. Deshalb habe ich es vorerst einer qualitativen chemischen Untersuchung unterworfen, wobei es sich herausstellte, daß es sich um ein wasserhaltiges basisches Zink-Kupfersulfat handelte. Nach einer weiteren sorgfältigen Untersuchung konnte ich

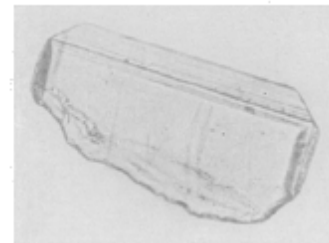


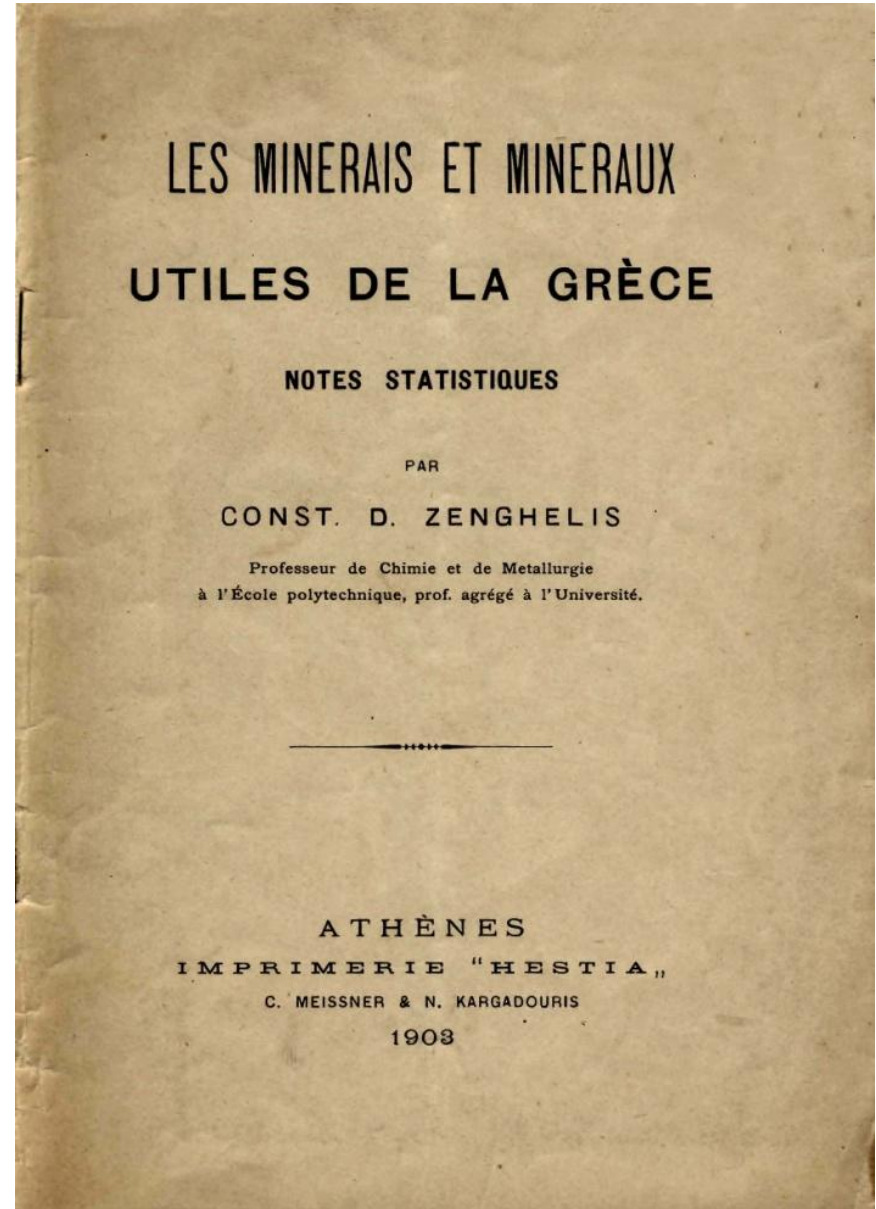
Abb. 1.
Vermessener Kristall, $11:1 \times$ linear.

feststellen, daß diese Substanz mit keinem der bisher bekannten Kupfersulfate identisch ist. Es handelt sich wohl um eine neue Mineralart, die sich durch folgende Merkmale auszeichnet.

Die Stufe auf der das Mineral sitzt, besteht aus einem zelligen Smithsonit, dessen Oberfläche mit einer dünnen Kruste von feinfaserigem Glaukokerinit bedeckt ist. Auf dieser Stufe sitzen spärlich radialblättrige Aggregate von blauen Serpieritkristallen und dazwischen auch viel seltene Gruppierungen von blaugrünen tafelförmigen Kristallen des betreffenden Minerals, deren Größe etwa 1 mm erreicht. Die Täfelchen sind in annähernd paralleler Verwachsung oder zu radial gruppierten Bündeln vereinigt. Ein ziemlich gut ausgebildeter Kristall wurde aus dem Aggregate herausgelöst und röntgenographisch, kristallometrisch und optisch untersucht (Abb. 1). Er zeigt gerade Auslöschung parallel zur größten Kante. Durch Drehung um diese Richtung wurde ein Schichtliniendiagramm und darauf ein Weissenbergdiagramm der Äquatorlinie erhalten. Nach diesen Diagrammen ist der Kristall

Ο ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Δ. ΖΕΓΓΕΛΗΣ

(1870 – 1957)



ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ



Prof. J.V. Smith
(1928-2007†)
Univ. Chicago



Prof. G. Rossman,
CalTech



Prof. D. Bish,
Indiana Univ.



Prof. A. Putnis,
Univ. Münster



Prof. Th. Armbruster,
Univ. Bern



Prof. D. Vaughan,
Univ. Manchester



Prof. M. Hochella Jr.,
VirginiaTech



Prof. R. Hazen,
Carnegie Inst.

ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ

Η κλασική Κρυσταλλογραφία στηρίζεται σε βασικές γνώσεις των Μαθηματικών (κυρίως της Γεωμετρίας) ενώ η σύγχρονη Κρυσταλλογραφία, που συμπεριλαμβάνει και την **Κρυσταλλοχημεία**, αλληλεπικαλύπτεται με τη Φυσική και τη Χημεία Στερεάς Κατάστασης και γενικότερα με την Επιστήμη των Υλικών

* Μελέτη της Εξωτερικής
Μορφολογίας Κρυστάλλων
**(ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ή ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ)**

* Μελέτη της Δομής
με Περίθλαση Ακτίνων-Χ
(ΔΟΜΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ)

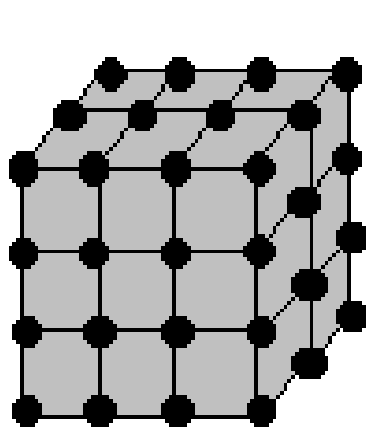
* Μελέτη της συμπεριφοράς των Κρυστάλλων
στη δίοδο του Φωτός μέσα από τη μάζα τους
(ΟΠΤΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ)

ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

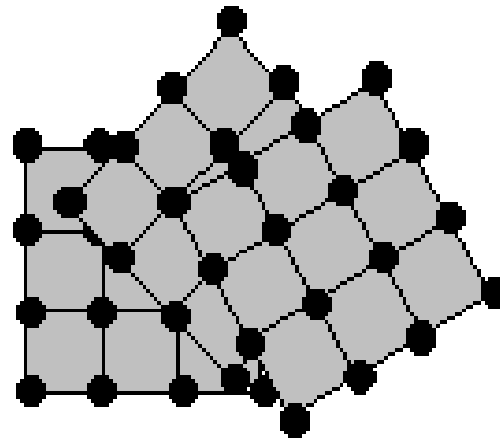
- ΑΕΡΙΑ
- ΥΓΡΗ
- ΣΤΕΡΕΑ

Σ Τ Ε Ρ Ε Α Υ Λ Ι Κ Α

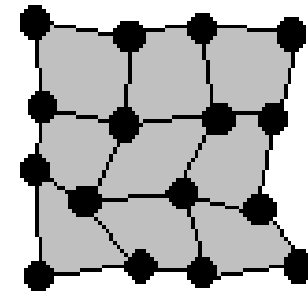
- * **Κρυσταλλικά**
- * **Άμορφα**



Κρυσταλλικό

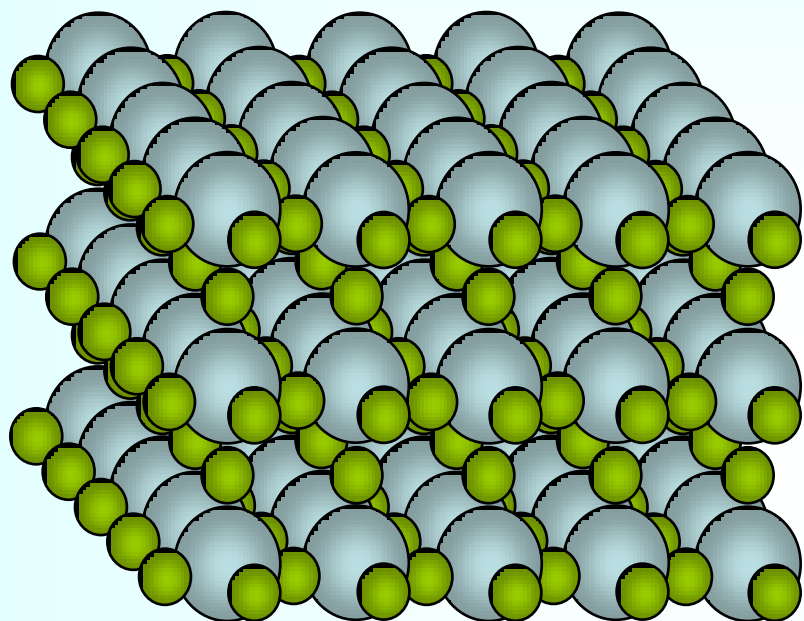


Πολυκρυσταλλικό

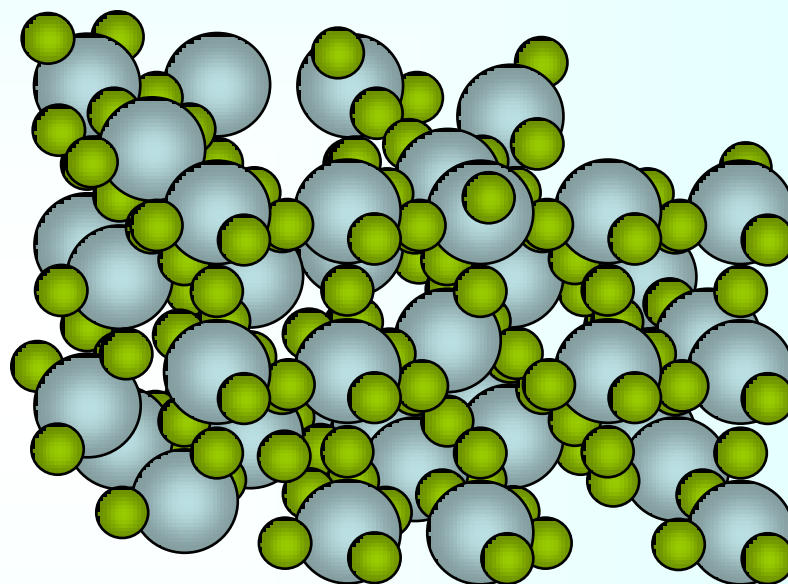


Άμορφο

● ΔΟΜΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ (ΑΤΟΜΑ, ΙΟΝΤΑ, ΜΟΡΙΑ)



ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



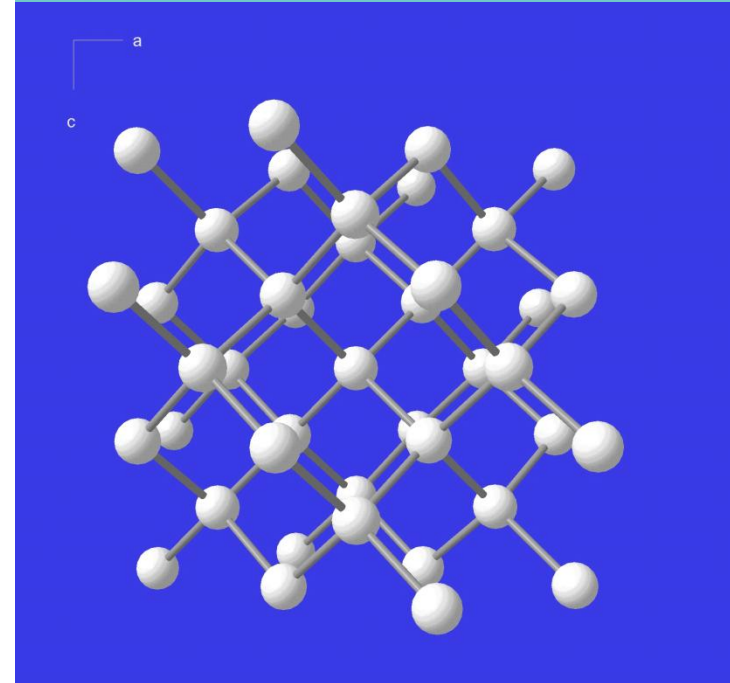
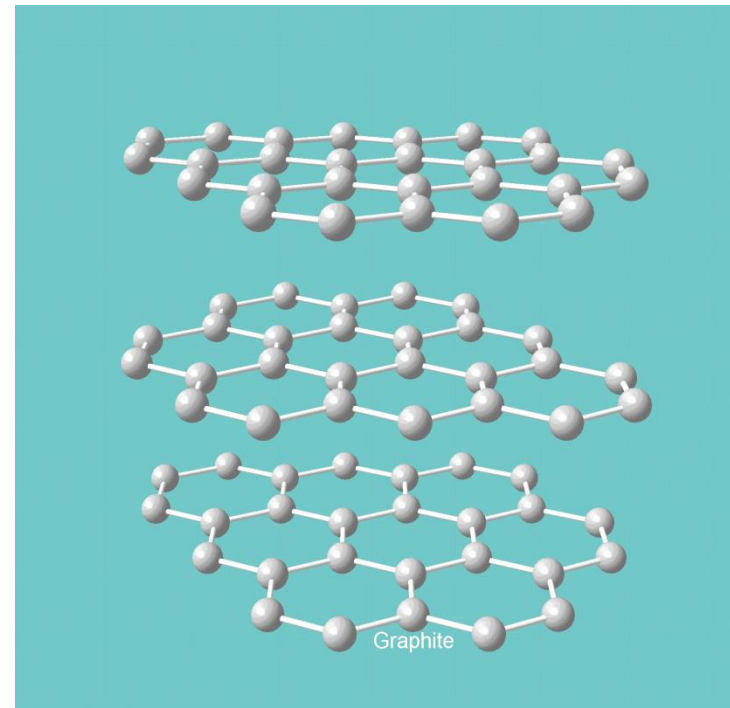
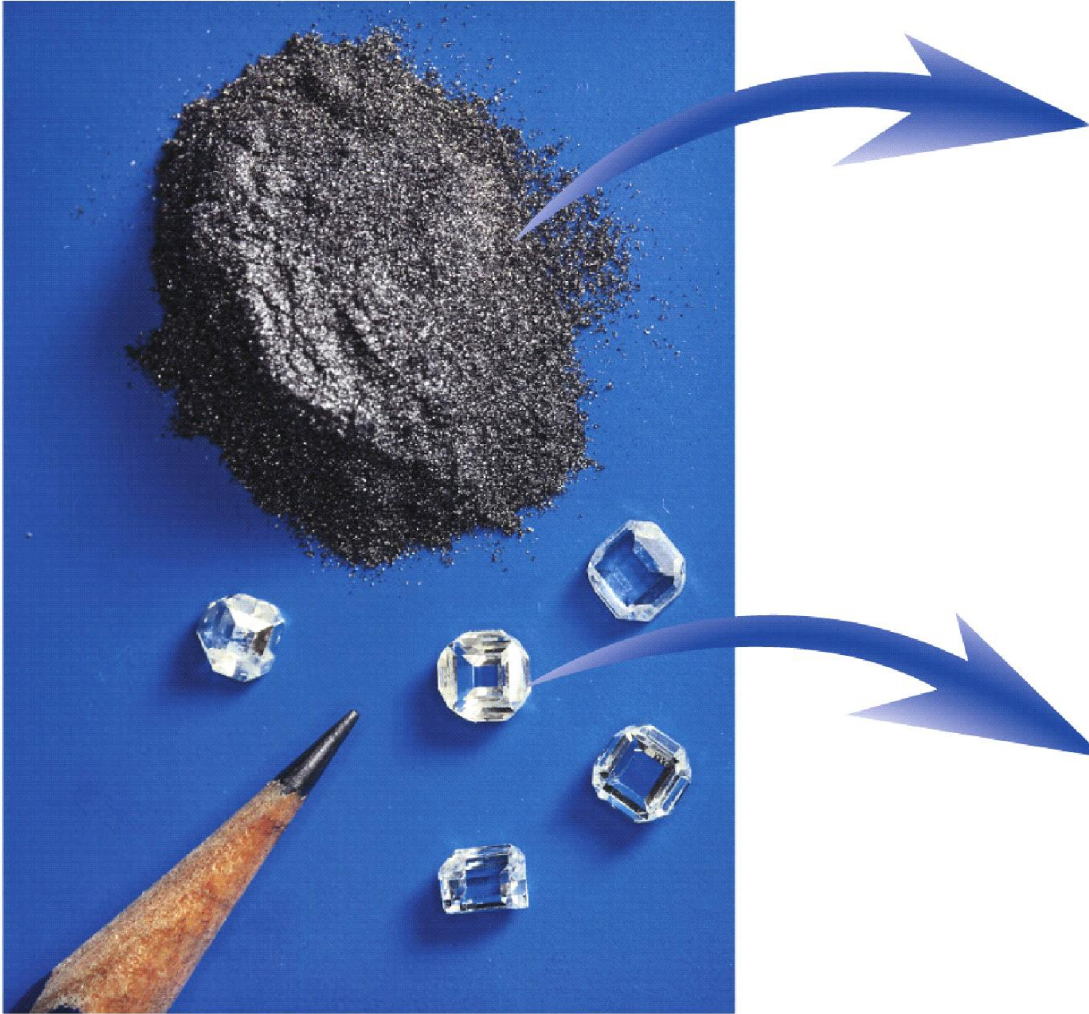
ΑΜΟΡΦΟ ΥΛΙΚΟ

ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

Κρύσταλλοι	Τύπος Δεσμού	Παράδειγμα
ΙΟΝΤΙΚΟΙ	Ετεροπολικός	NaCl
ΟΜΟΙΟΠΟΛΙΚΟΙ	Ομοιοπολικός	C (Διαμάντι)
ΜΟΡΙΑΚΟΙ	Ομοιοπολικός / Van Der Waals / Υδρογόνου	C₆H₁₂O₆
ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ	Μεταλλικός	Fe

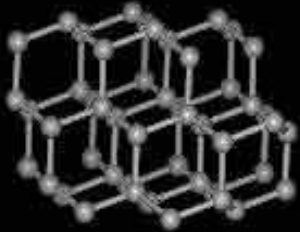
Ενδιάμεσες καταστάσεις : **ΓΡΑΦΙΤΗΣ**

ΓΡΑΦΙΤΗΣ (C)

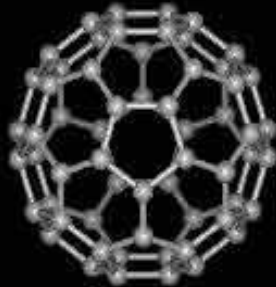


ΔΙΑΜΑΝΤΙ (C)

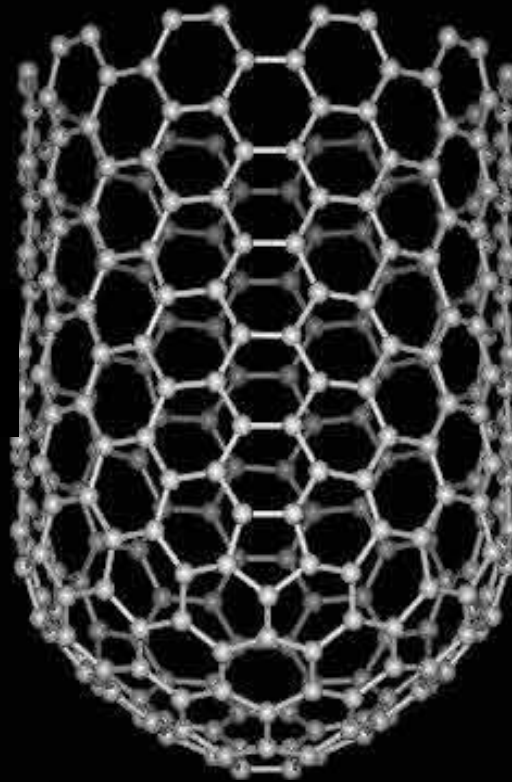
ΑΛΛΟΤΡΟΠΙΑ (Allotropy)



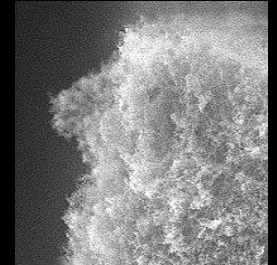
ΔΙΑΜΑΝΤΙ



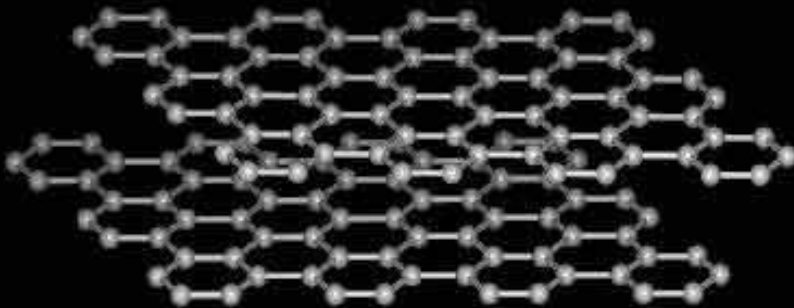
ΦΟΥΛΕΡΕΝΙΟ (C₆₀)



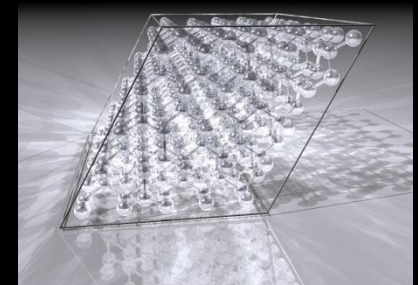
ΝΑΝΟΣΩΛΗΝΑΣ C



ΝΑΝΟΑΦΡΟΣ C

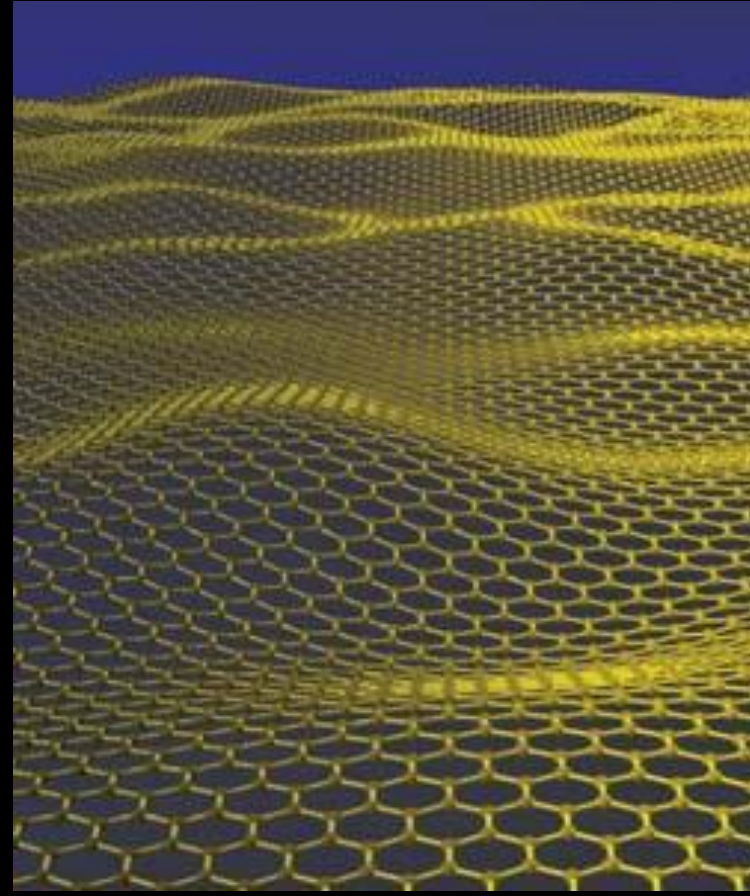
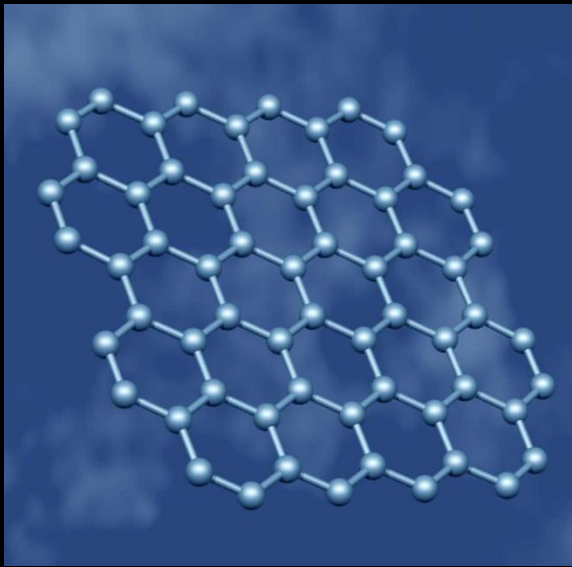
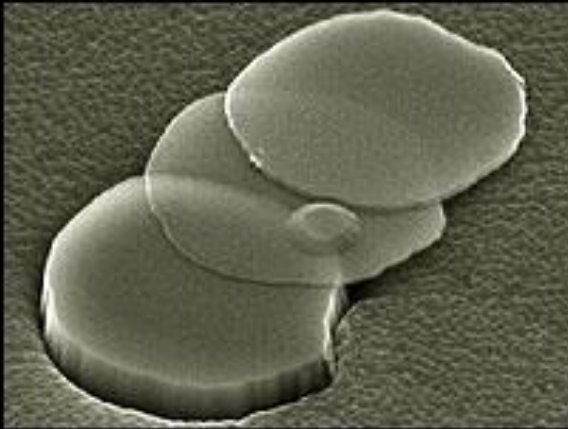


ΓΡΑΦΙΤΗΣ



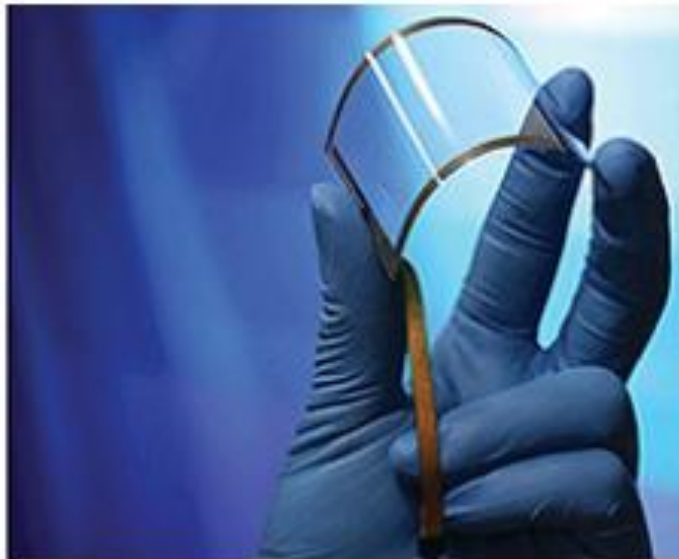
ΛΟΝΣΔΑΛΕΪΤΗΣ

ΓΡΑΦΕΝΙΟ





The European Commission has chosen Graphene as one of Europe's first 10-year, 1,000 million euro FET flagships

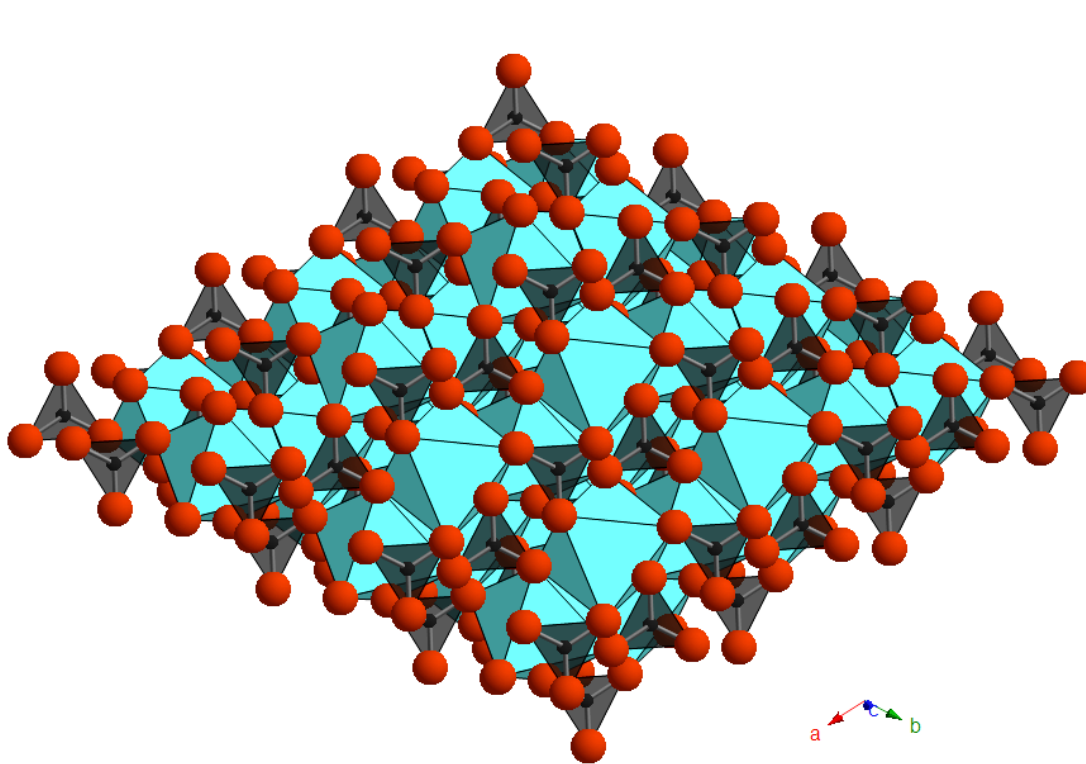


From www.chalmers.se - January 30, 2:19 AM

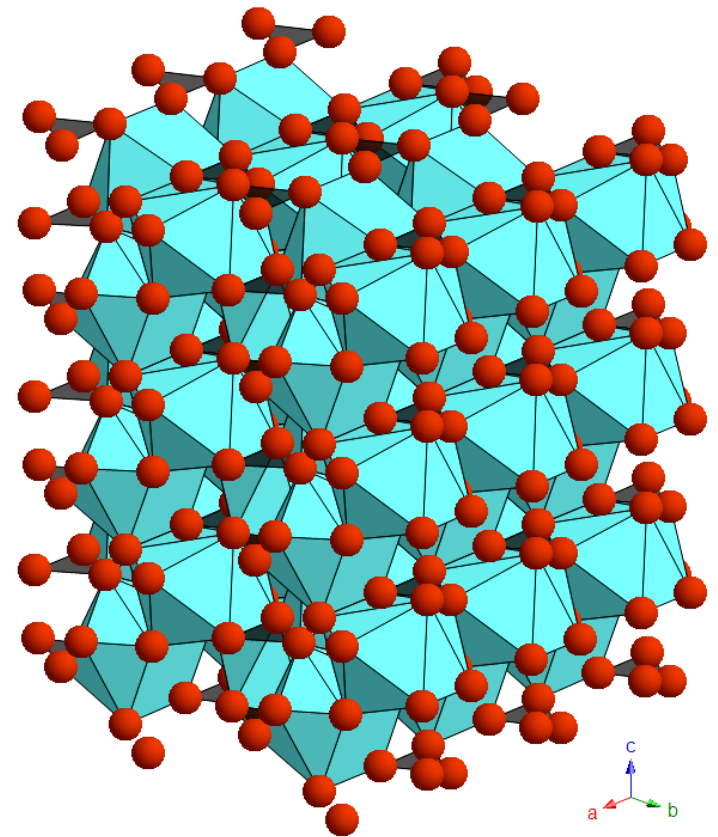
Graphene has been subject to a scientific explosion since the groundbreaking experiments on the novel material less than ten years ago, recognized by the Nobel Prize in Physics in 2010 to Professor Andre Geim and Professor Kostya Novoselov...

ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΣ (Polymorphism)

ΚΥΡΙΑ ΠΟΛΥΜΟΡΦΑ ΤΟΥ CaCO_3



ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (CaCO_3)



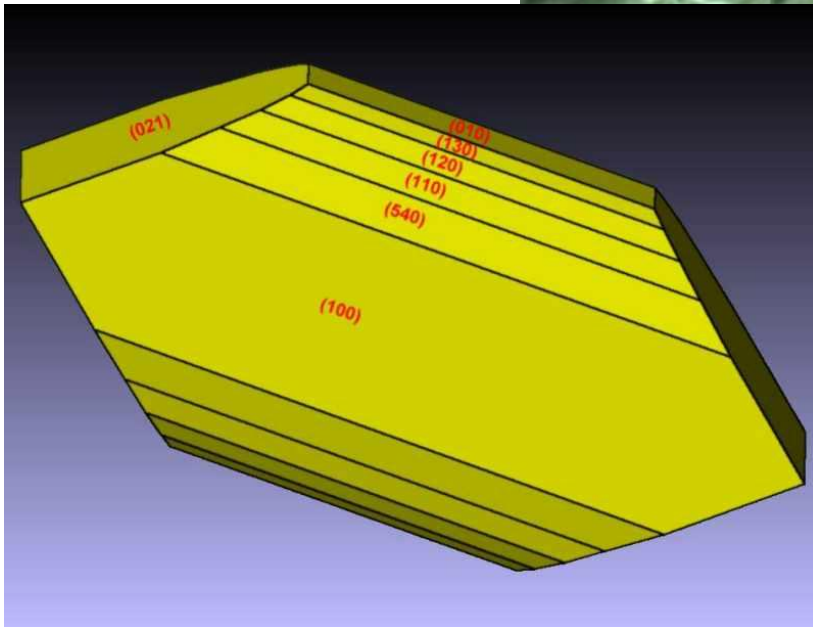
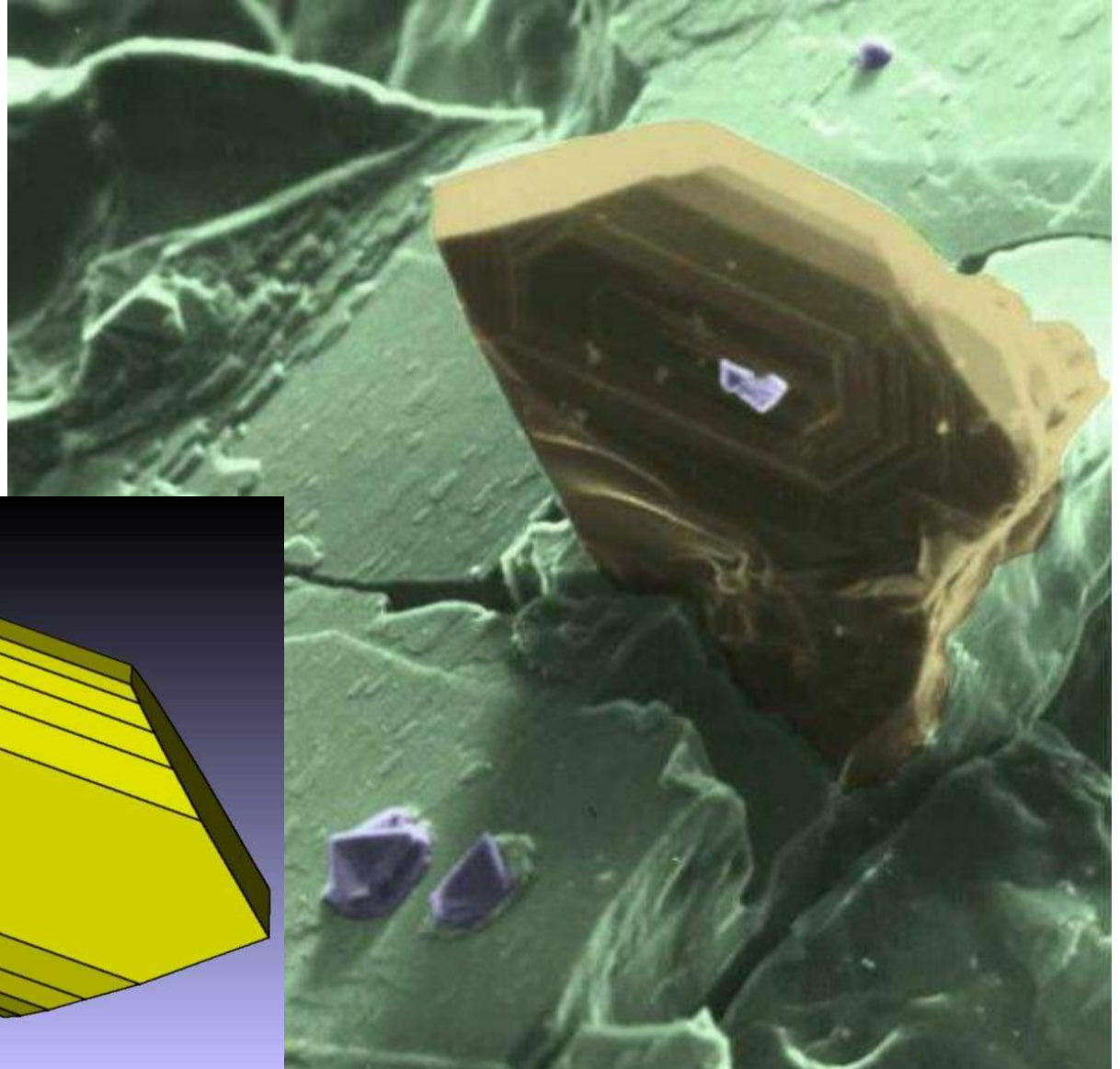
ΑΡΑΓΟΝΙΤΗΣ (CaCO_3)

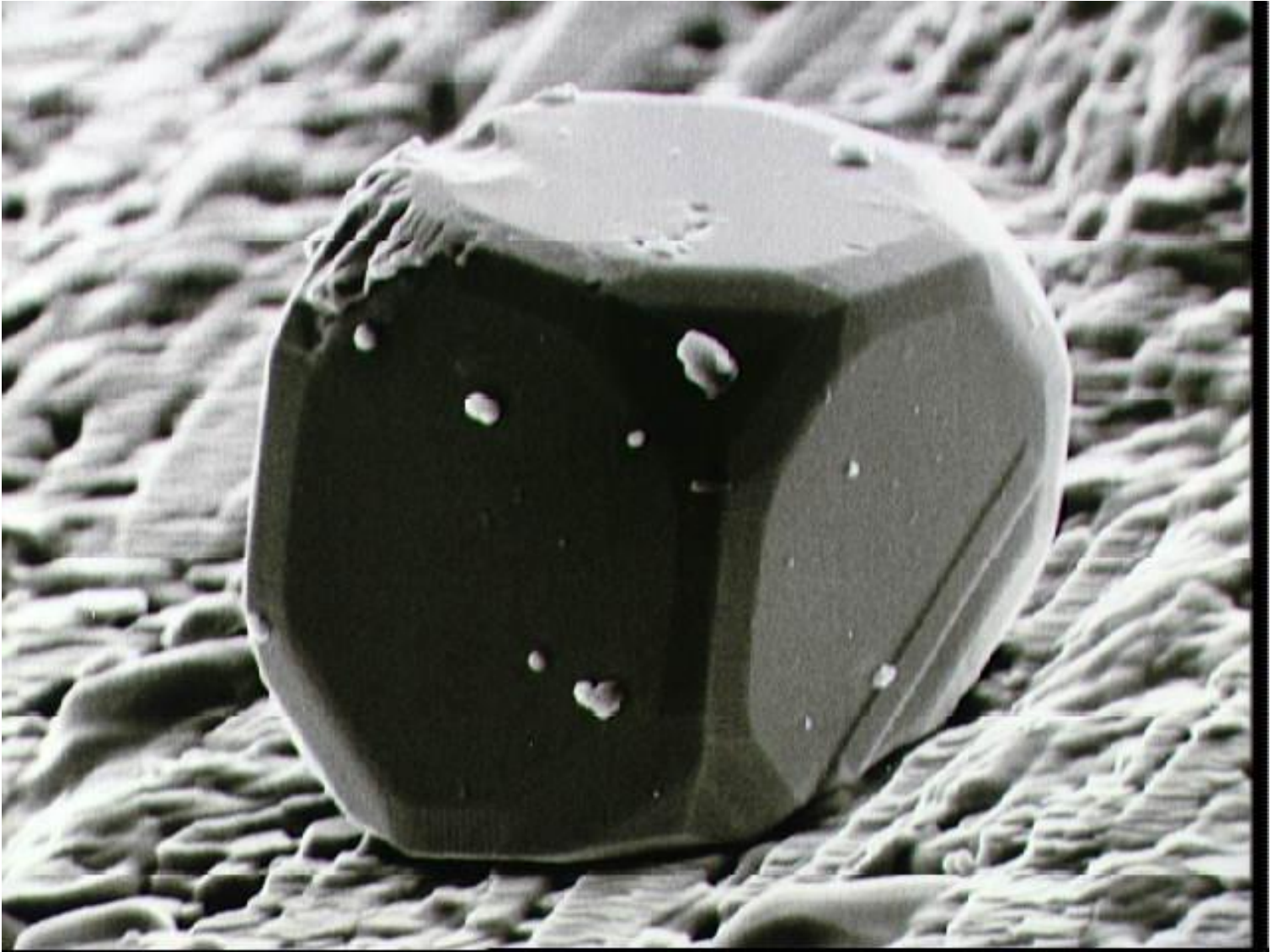
ОРУКТА





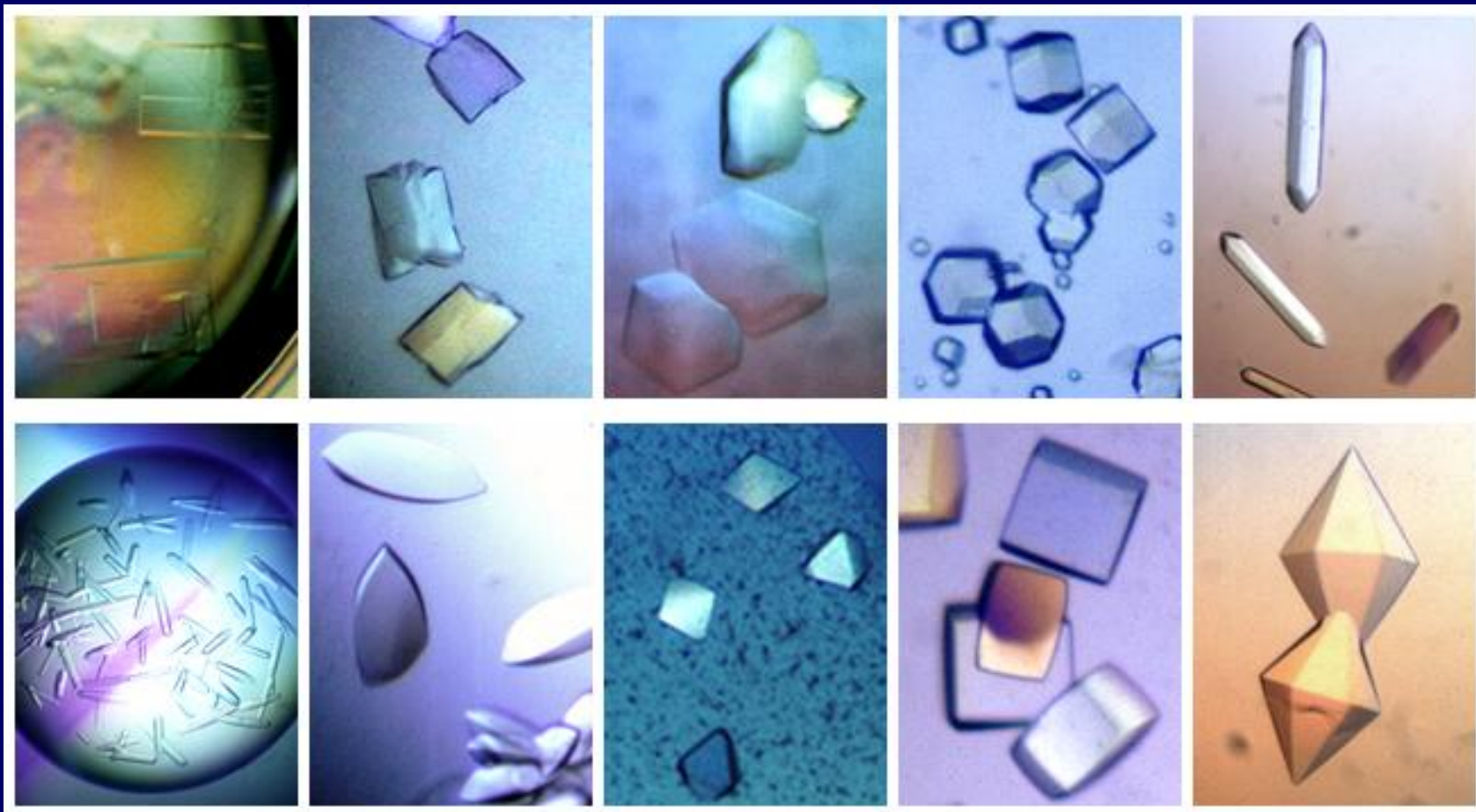
**Μικροκρύσταλλος
ΟΛΙΒΙΝΗ
πάνω σε
ΠΥΡΟΞΕΝΟ
(ΣΕΛΗΝΗ)**



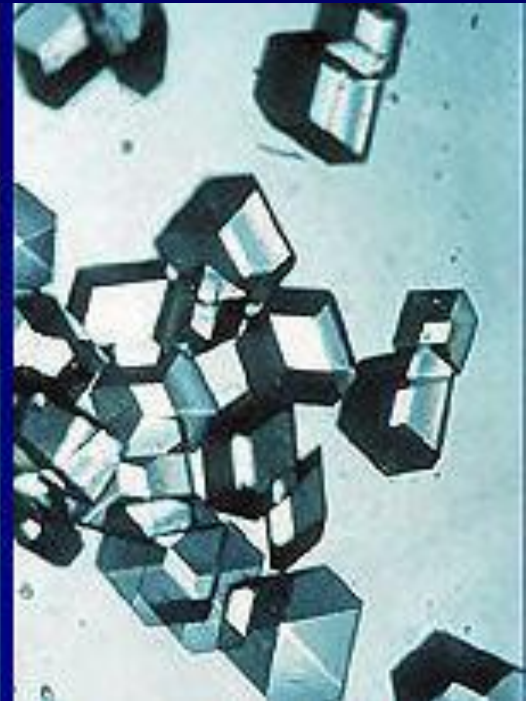
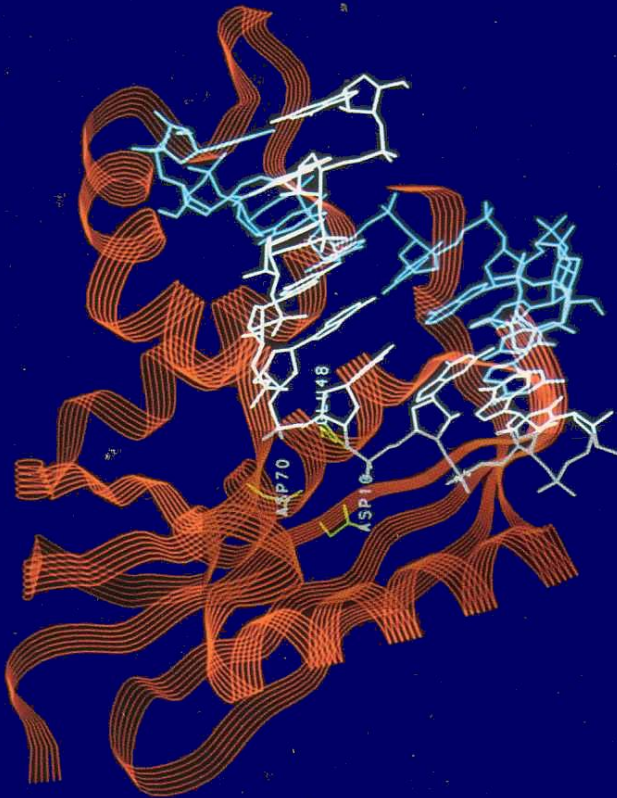


Μικροκρύσταλλος Fe πάνω σε ΠΥΡΟΞΕΝΟ (δείγμα Apollo 15)

ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ

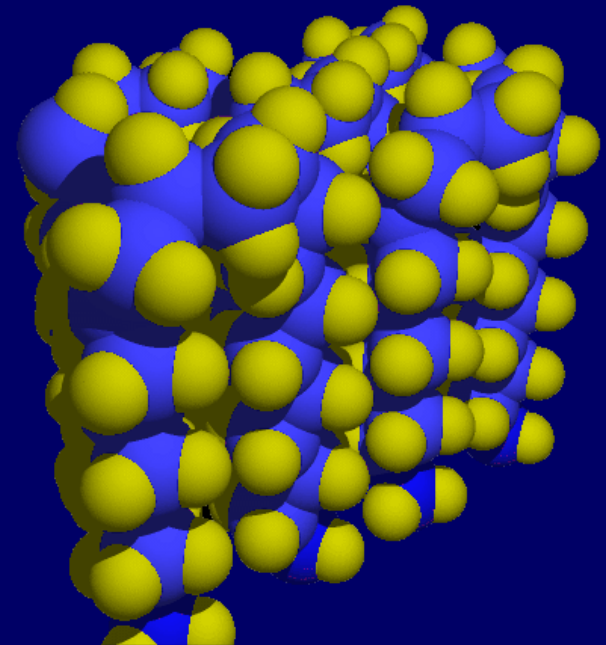
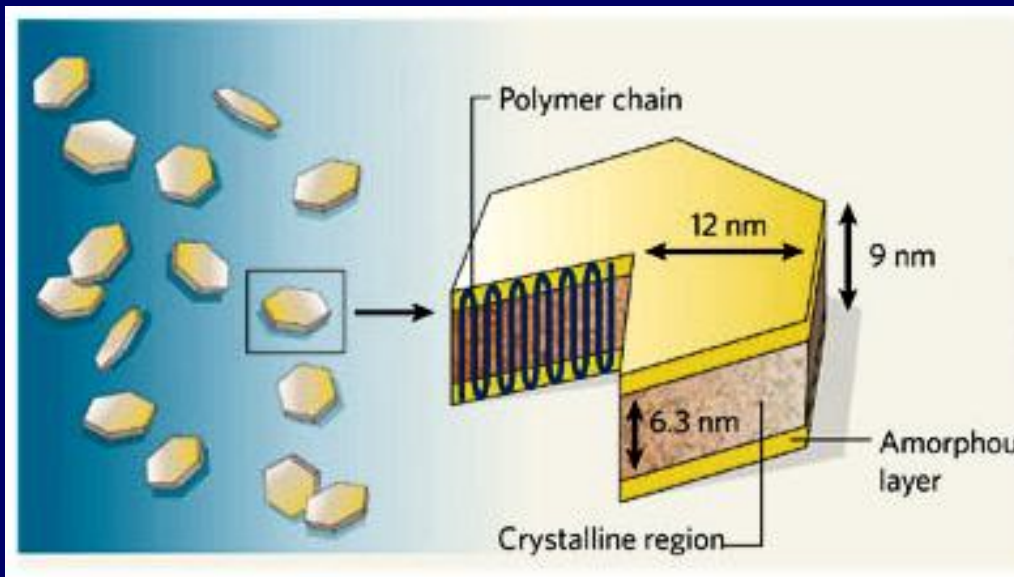
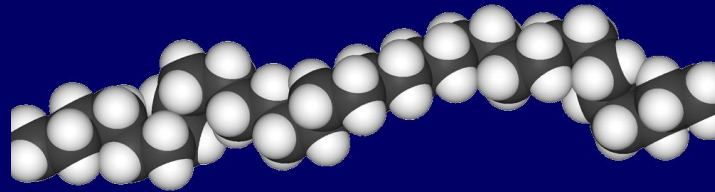


Κρύσταλλοι ινσουλίνης ($C_{257}H_{383}N_{65}O_{77}S_6$)
ανεπτυγμένοι στη Γή και στο Διάστημα

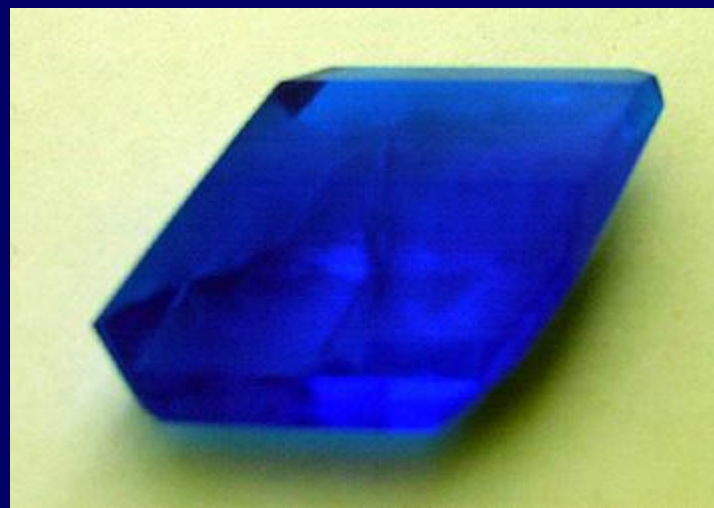


ΠΟΛΥΜΕΡΗ

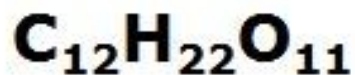
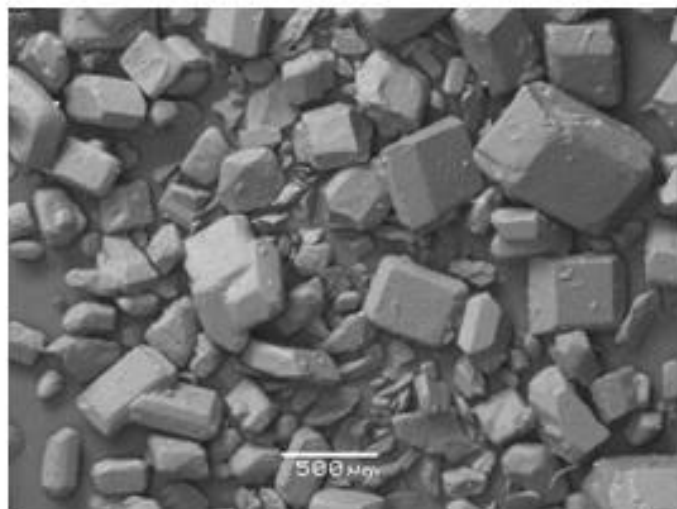
Νανοκρύσταλλοι πολυαιθυλενίου $(-C_2H_4-)_n$



ΑΝΟΡΓΑΝΕΣ & ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ



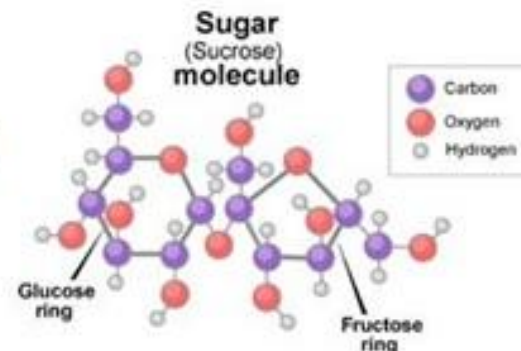
ΣΟΥΚΡΟΖΗ (β-D-fructofuranosyl α-D-glucopyranoside)



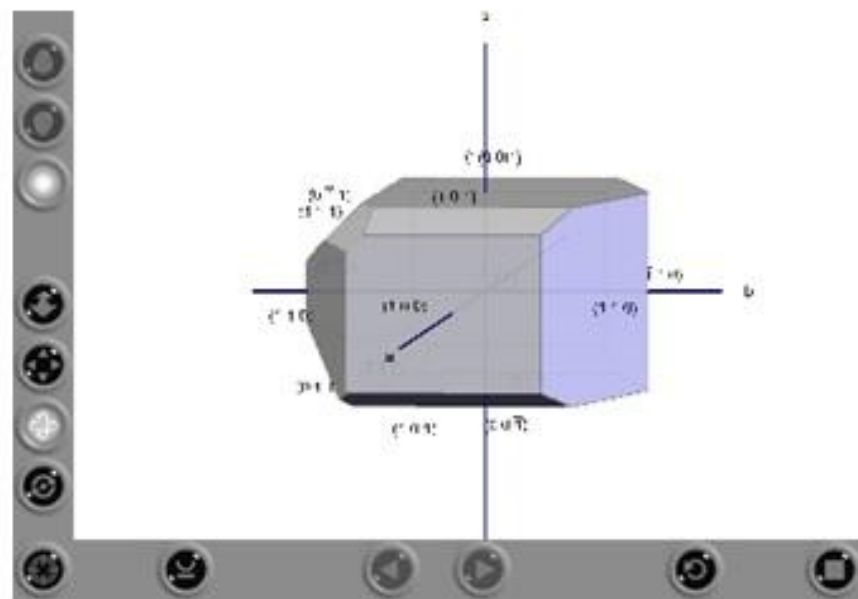
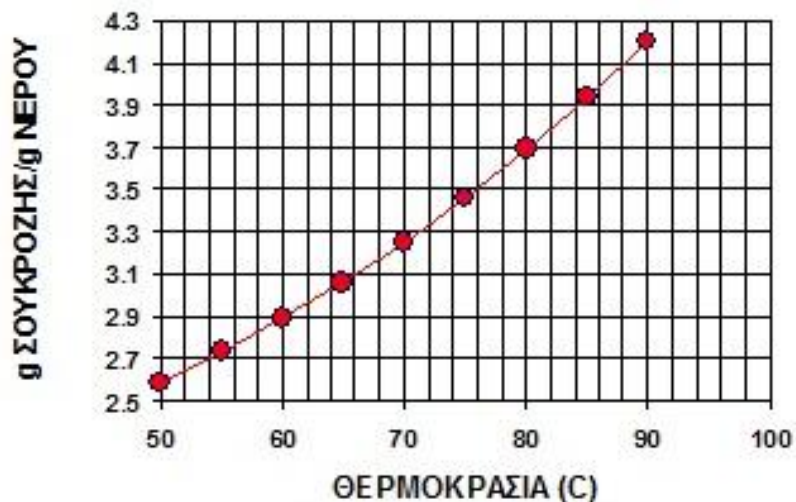
M.W. = 342.34 g/mol

M.P. = 186 °C

$d = 1.587 \text{ g/cm}^3$

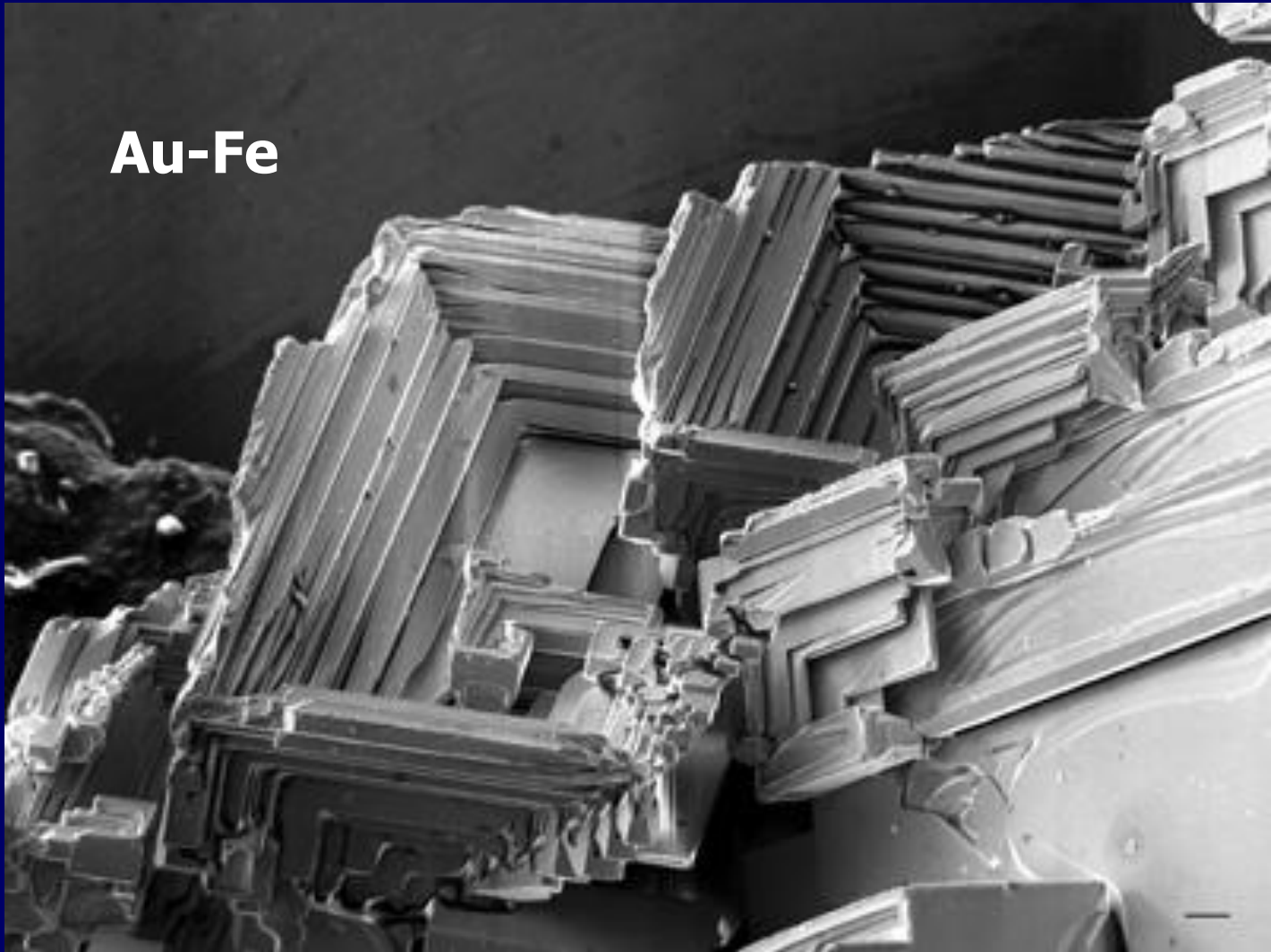


ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ



ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΚΡΑΜΑΤΑ

Au-Fe



METAMMA





ΤΟ ΓΥΑΛΙ ΕΙΝΑΙ ΑΜΟΡΦΟ ΥΛΙΚΟ !

ΟΨΙΔΙΑΝΟΣ

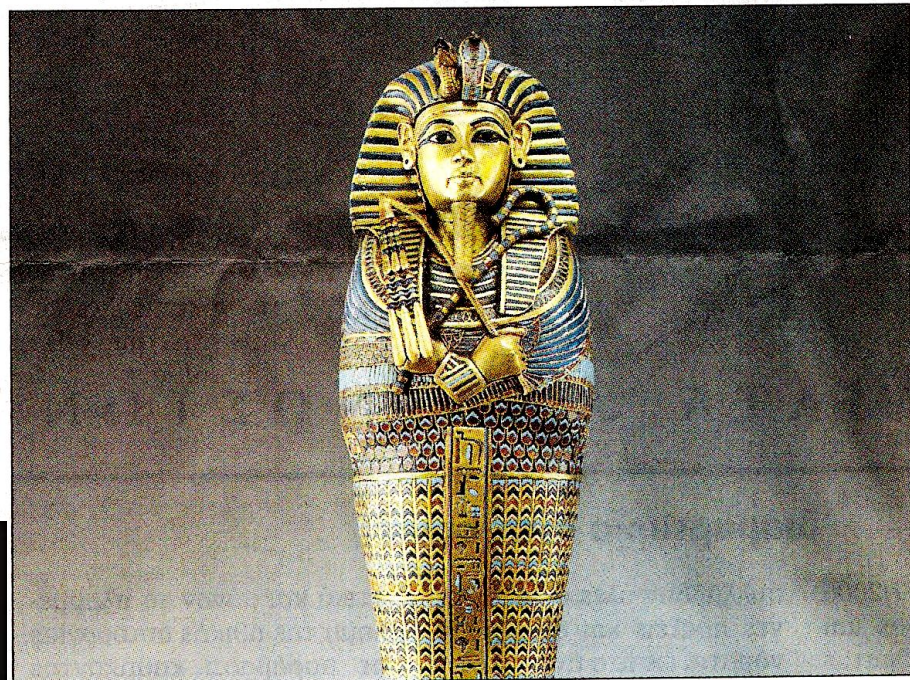


Περιδέραιο με πετράδι από... κοσμική έκρηξη

Το 1996, όταν ο ορυκτολόγος Βιντσέντσο ντε Μικέλε επισκέφθηκε το Αιγυπτιακό Μουσείο του Καΐρου εντυπωσιάστηκε από ένα παράξενο κιτρινοπράσινο πετράδι που κοσμούσε ένα από τα περιδέραια του Φαραώ Τουταγχαμών. Η ανάλυσή του έδειξε ότι επρόκειτο για ένα κομμάτι γυαλί με μια εξαιρετικά σημαντική ιδιαιτερότητα: ήταν παλαιότερο από την ανατολή ακόμα του αιγυπτιακού πολιτισμού. Ο ντε Βιντσέντσο και ο Αιγύπτιος γεωλόγος Αλί Μπαράκτ κατέληξαν ότι ο λίθος του κοσμήματος προερχόταν από κομμάτια γυαλιού που βρέθηκαν σκόρπια σε απομακρυσμένη περιοχή της ερήμου. Πώς, όμως, βρέθηκε στη μέση του πουθενά και κυρίως ποιος ή τι το κατασκεύασε;

Ο Αυστριακός αστροχημικός Κρίστιαν Κόμπερλ απέδειξε ότι το γυαλί του κοσμήματος σχηματίστηκε σε θερμοκρασίες τόσο υψηλές, που μπορούσε να τις προκαλέσει μόνο

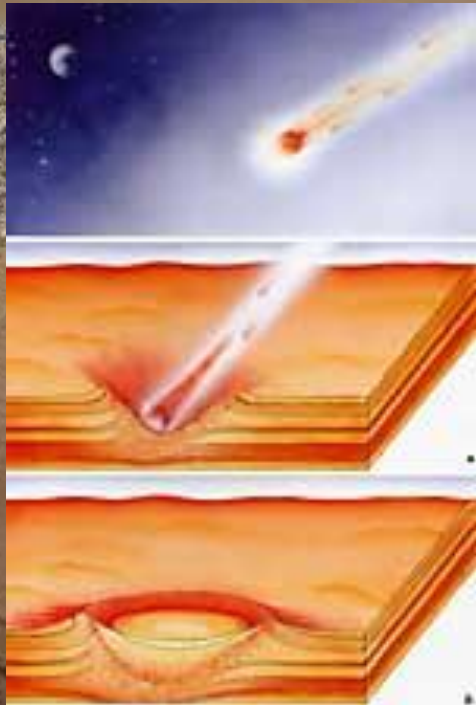
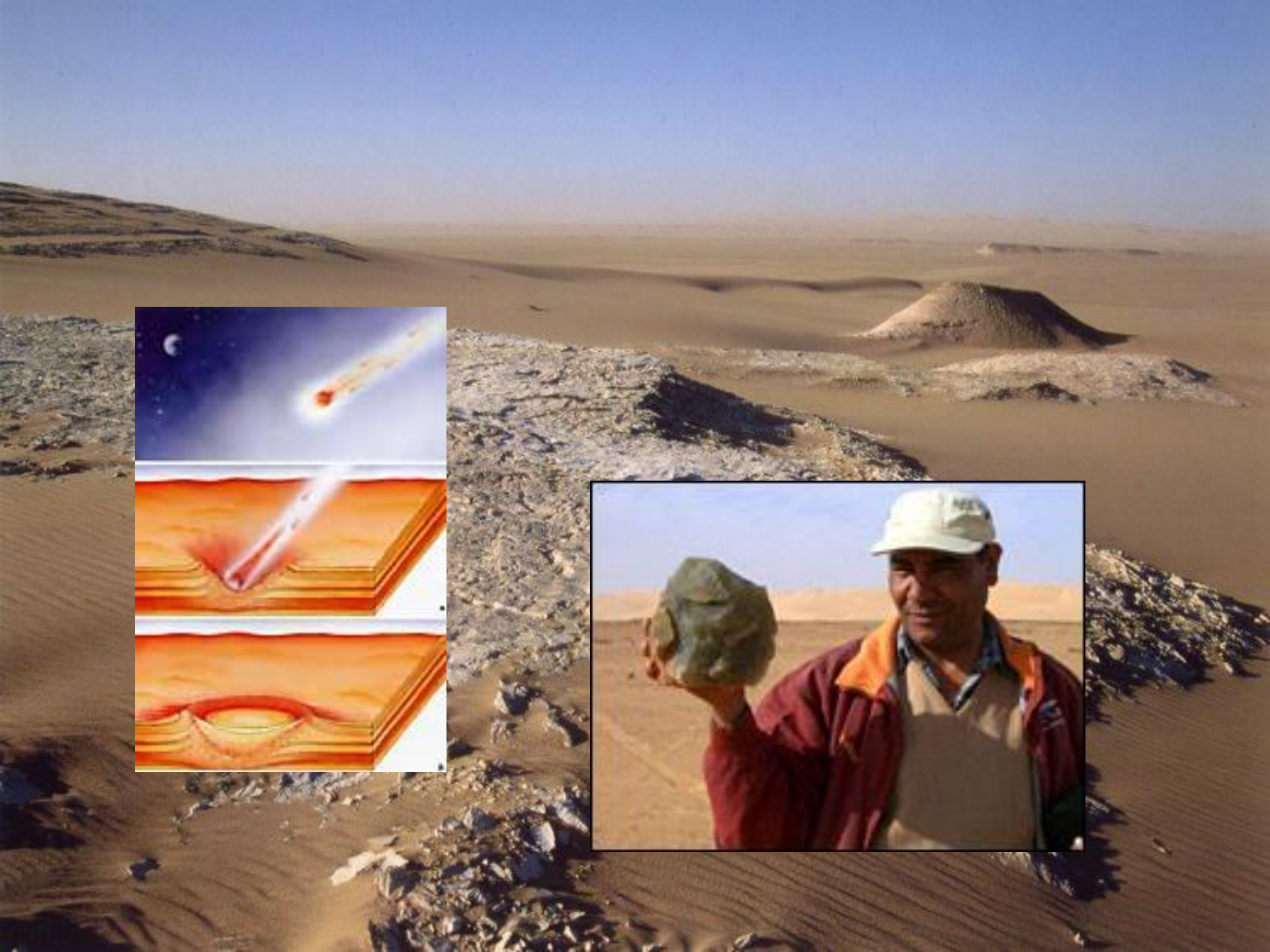
η πρόσκρουση ενός μετεωρίτη στη Γη. Ο Αμερικανός γεωφυσικός Τζον Ουάσον, που ενδιαφέρθηκε για την προέλευση του γυαλιού, έλαβε υπ' όψιν ένα περιστατικό που του φάνηκε να έχει κάποια σχέση. Το 1908, μία τρομακτική έκρηξη αφάνισε 80 εκατομμύρια δένδρα στην Τουγκούνσκα της Σιβηρίας. Καθώς



Το μυστηριώδες γυάλινο κόσμημα του Φαραώ Τουταγχαμών αποδεικνύει ότι είχε πραγματοποιηθεί πάνω από τη Σαχάρα έκρηξη με διαστημικά αίτια.

ως μεγαλύτερη. Προφανώς αυτό που συνέβη στην Αίγυπτο ήταν πολύ ισχυρότερο από μια πυρηνική έκρηξη. Μια τέτοια φυσική έκρηξη παρακολούθησαν οι επιστήμονες κατά την πρόσκρουση του κομήτη Σουμέικερ-Λέβι πάνω στον Δία. Ο Μαρκ Μπασλόου δημιούργησε την

προσομοίωση μιας τέτοιας έκρηξης στη Γη. Ένα τέτοιο γεγονός θα δημιουργούσε «μπάλα φωτιάς» στην ατμόσφαιρα, ανεβάζοντας τη θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη στους 1.800 βαθμούς, προκαλώντας τη δημιουργία τεράστιας γυάλινης επιφάνειας».



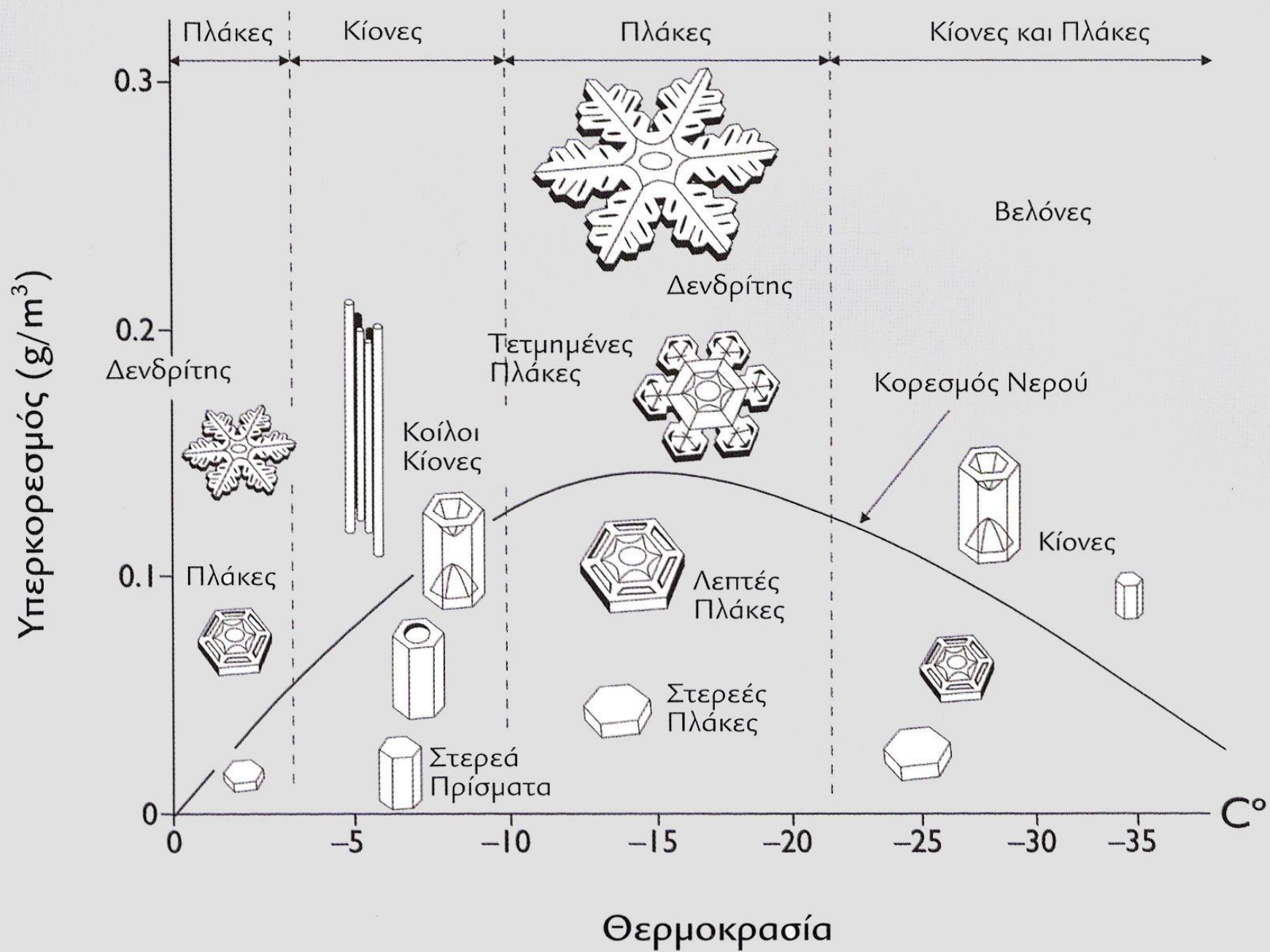
TEKTITES

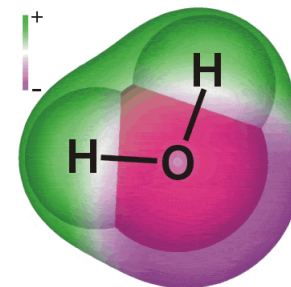
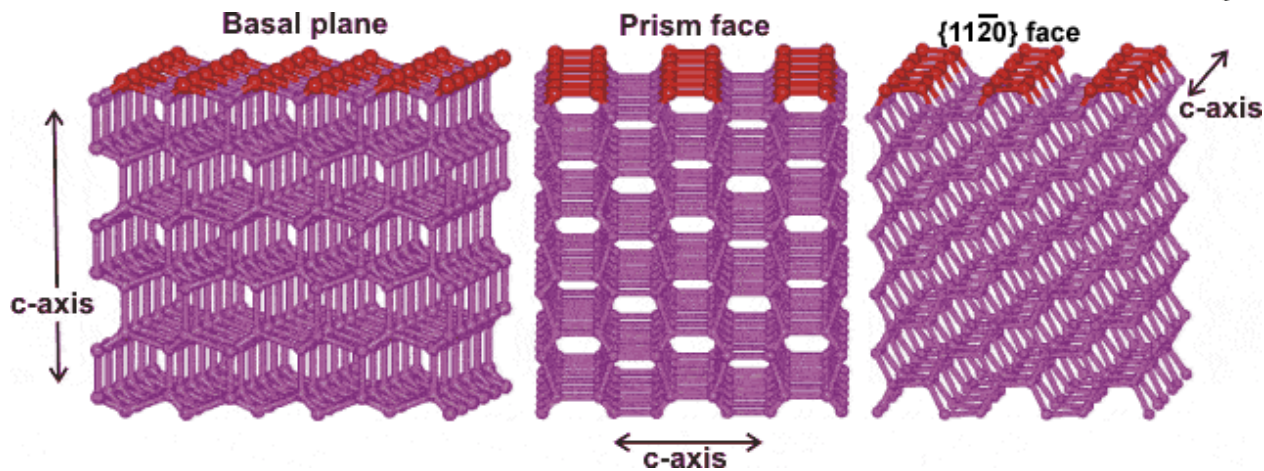
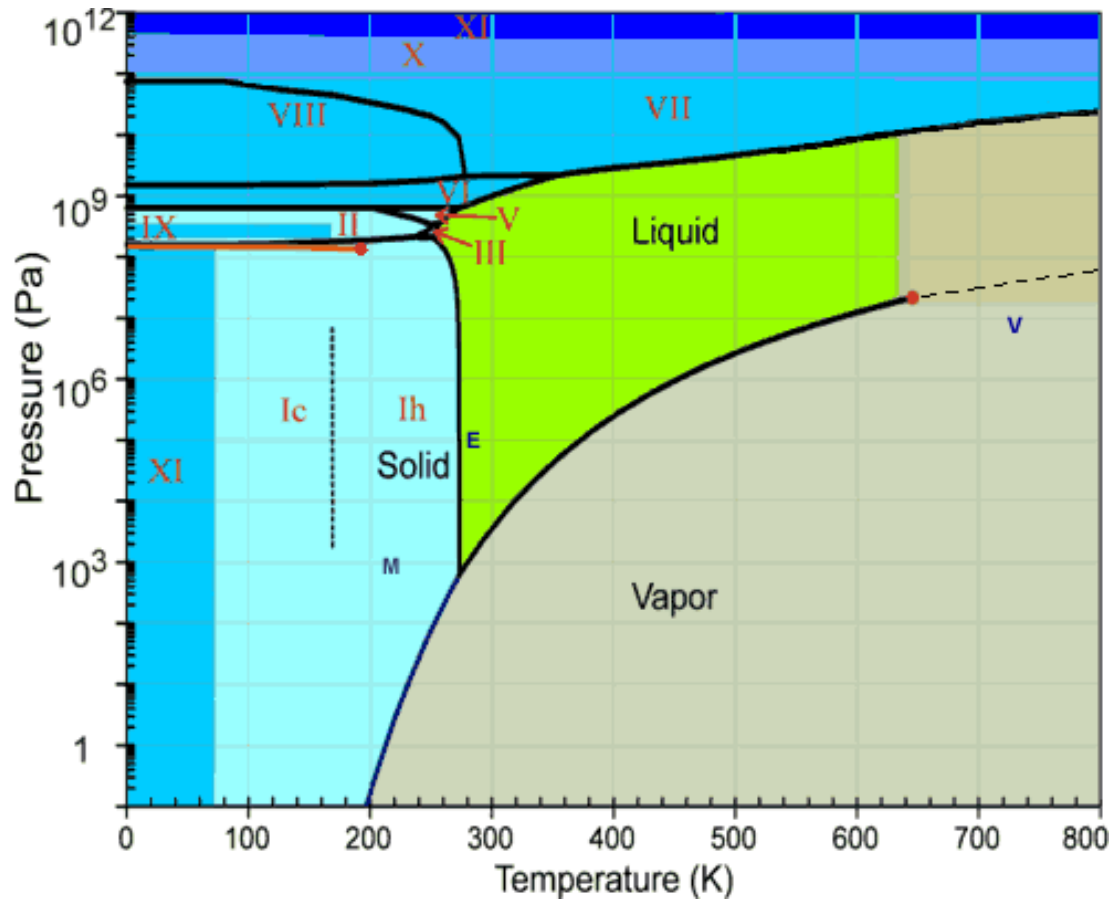
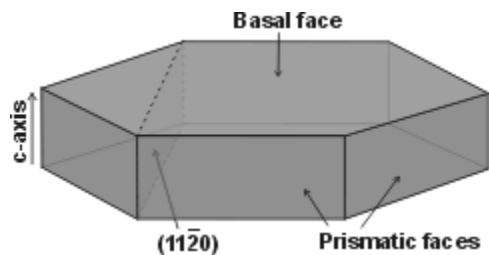
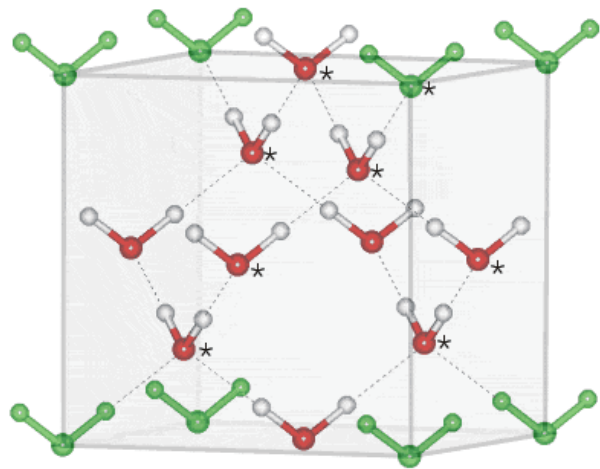


0.005% H₂O
(50 ppm)



Ο ΚΟΙΝΟΣ ΠΑΓΟΣ ΕΙΝΑΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΥΛΙΚΟ !







“ΑΝΥΔΡΕΣ” ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΤΗΣ ΑΝΤΑΡΚΤΙΚΗΣ

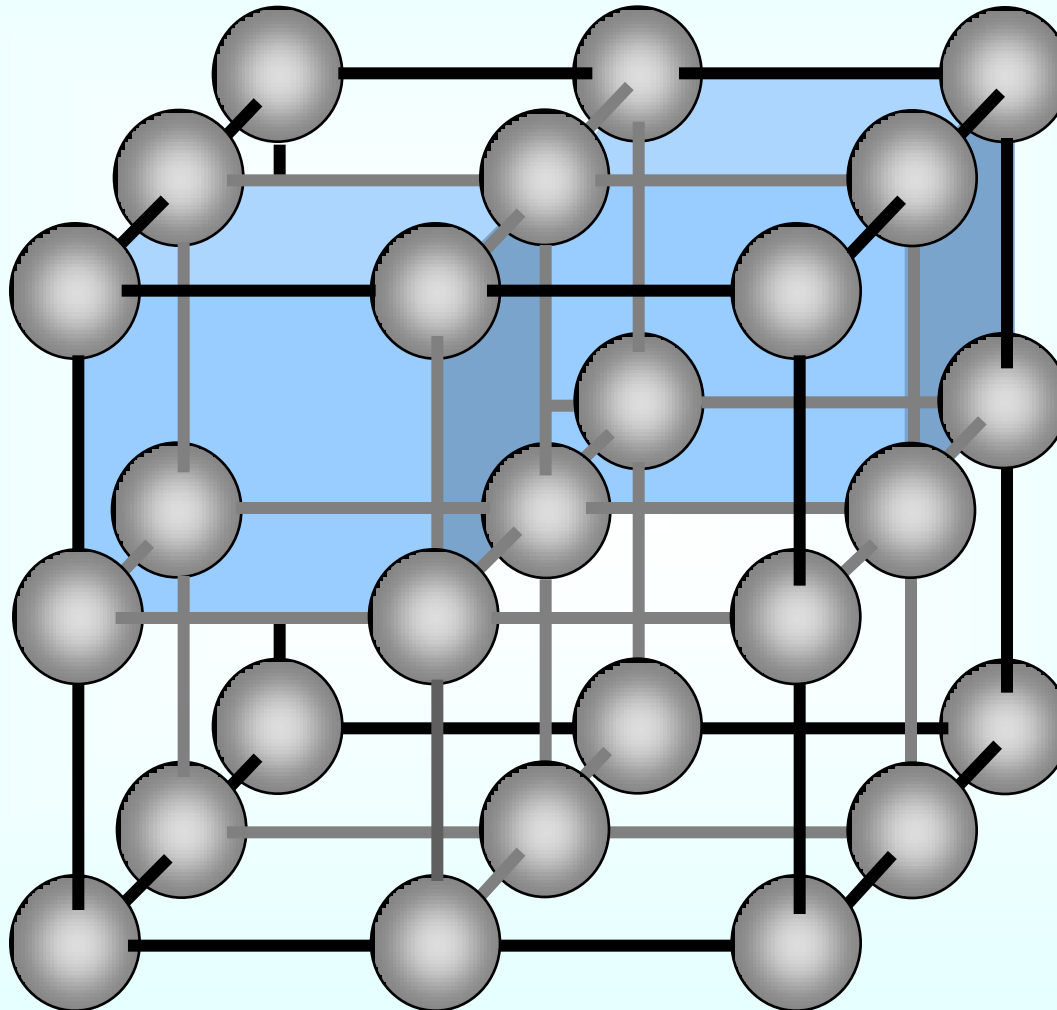


*Το κύριο χαρακτηριστικό
των κρυσταλλικών στερεών
είναι η περιοδικότητα και η τάξη
στην δομή τους*

- **ΜΟΝΑΔΙΑΙΑ ΚΥΨΕΛΙΔΑ
(Unit Cell)**
- **ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΠΛΕΓΜΑ
(Crystal Lattice)**

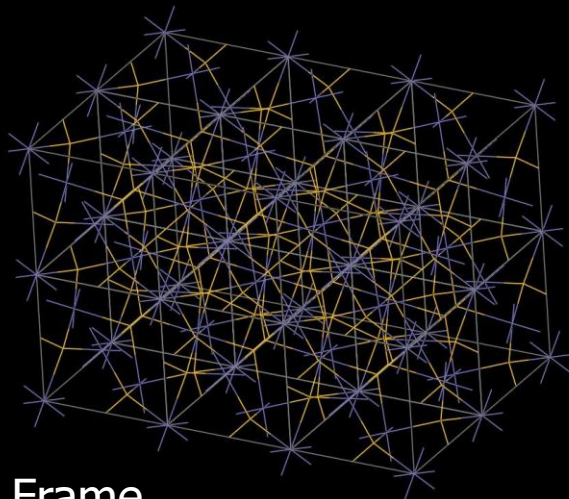
ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ

ΜΟΝΑΔΙΑΙΕΣ ΚΥΨΕΛΙΔΕΣ

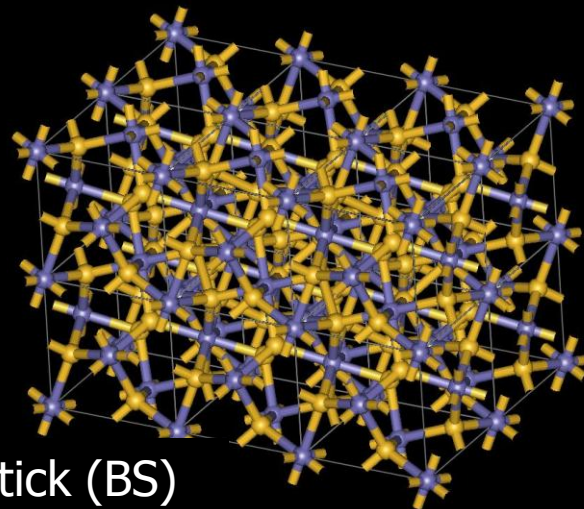


ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

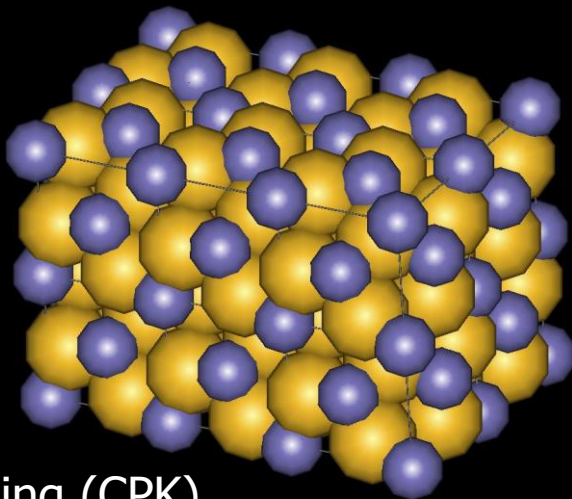
ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ (FeS_2)



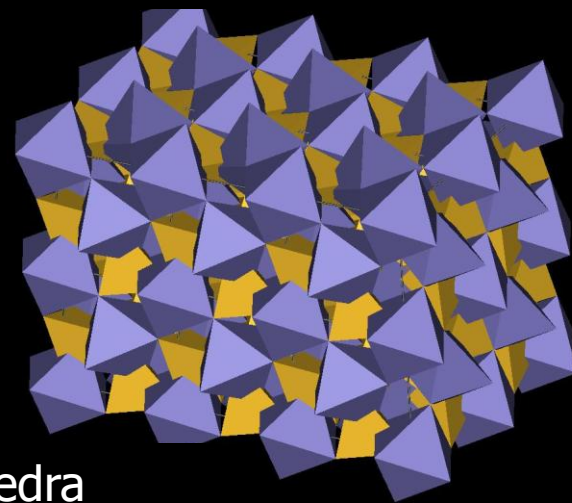
Wire / Frame



Ball & Stick (BS)

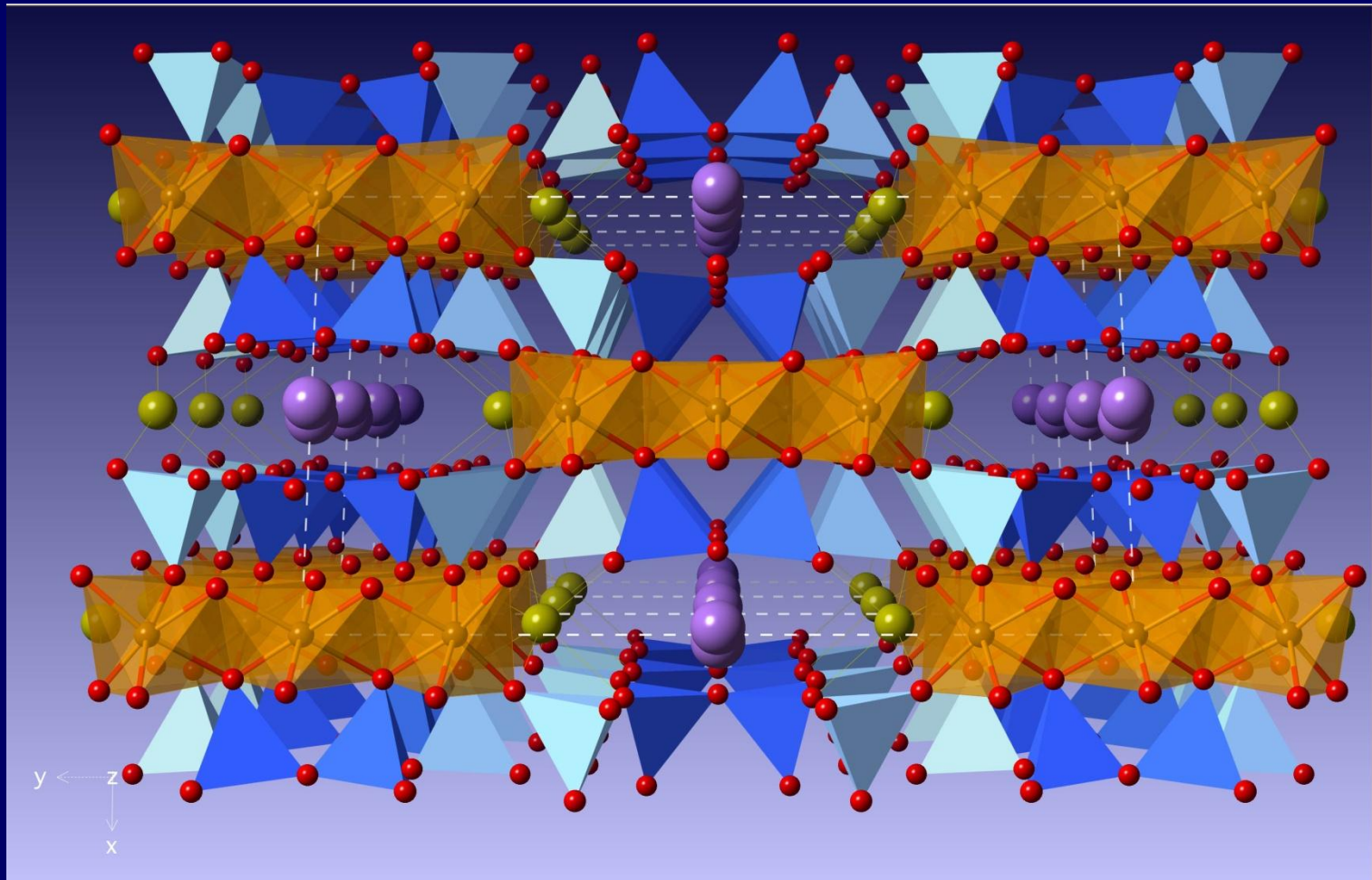


Space filling (CPK)



Polyhedra

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΤΡΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΛΥΠΛΟΚΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗΣ



Νατριο-κλινοαμφίβολος

American Mineralogist Crystal Structure Database

45 matching records for this search.

Quartz



Levien L, Prewitt C T, Weidner D J



American Mineralogist 65 (1980) 920-930

Structure and elastic properties of quartz at pressure

P = 1 atm

_database_code_amcsd 0000789

4.916 4.916 5.4054 90 90 120 *P3_221

0 0 .666666667

atom	x	y	z	B(1,1)	B(2,2)	B(3,3)	B(1,2)	B(1,3)	B(2,3)
Si	.4697	0	0	.0093	.0078	.0049	.0039	-.00001	-.00002
O	.4135	.2669	.1191	.0190	.0144	.0083	.0106	-.00250	-.0035

[Download AMC data \(View Text File\)](#)



[Download CIF data \(View Text File\)](#)

[Download diffraction data \(View Text File\)](#)

[View JMOL 3-D Structure \(permalink\)](#)

Quartz



Levien L, Prewitt C T, Weidner D J



American Mineralogist 65 (1980) 920-930

Structure and elastic properties of quartz at pressure

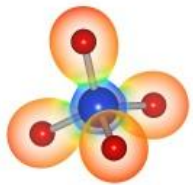
P = 20.7 kbar

_database_code_amcsd 0000790

4.8362 4.8362 5.3439 90 90 120 *P3_221

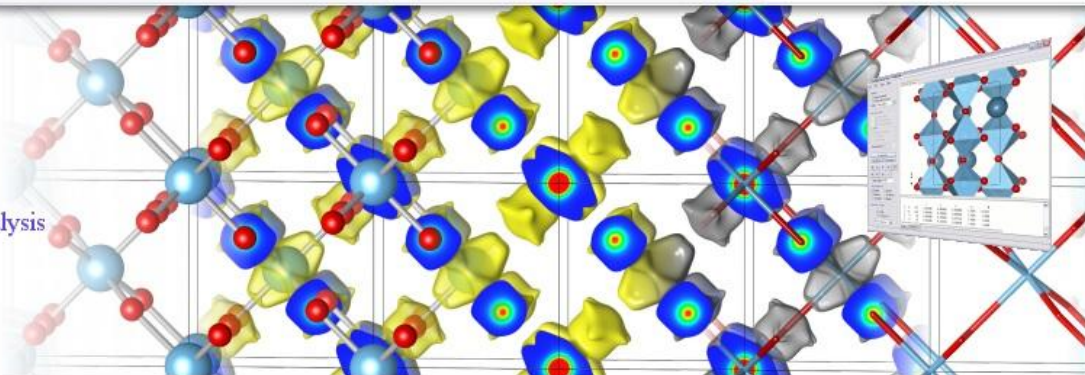
0 0 .666666667

atom	x	y	z	B(1,1)	B(2,2)	B(3,3)	B(1,2)	B(1,3)	B(2,3)
Si	.4630	0	0	.0070	.0057	.0035	.0029	.0002	.0004
O	.4111	.2795	.1095	.0148	.0108	.0076	.0075	-.0034	-.0029



VESTA

Visualization for Electronic and SStructural Analysis



Software > VESTA > Gallery

Home

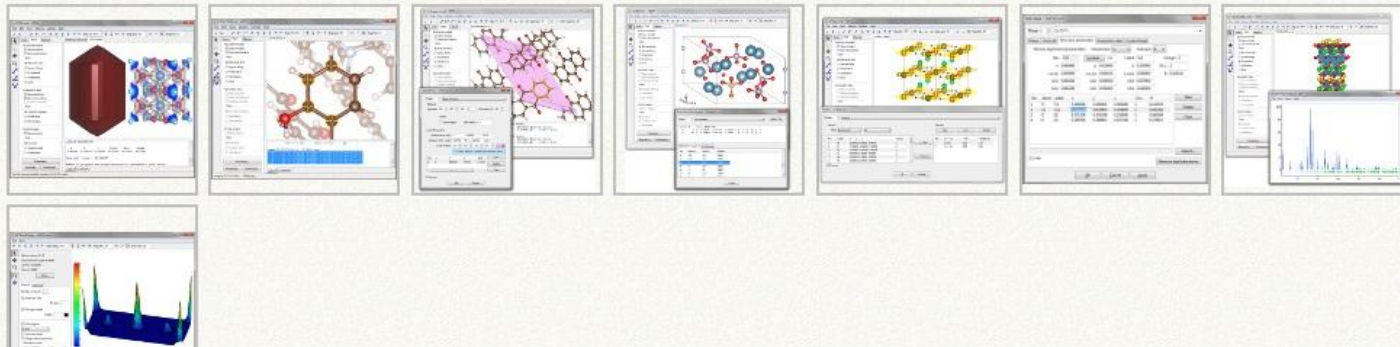
- About
- History

Software

- ▾ VESTA
 - Change Log
 - Features
 - Gallery
 - Documentation
 - Download
 - Forum
- Dysnomia
- ▾ CrystalMAP

Screenshots

Windows



Vesta

AMS_DATA.cif - VESTA

File Edit View Objects Utilities Help

a b c a* b* c* Step (°): 45.0 Step (px): 10 Step (%): 10

Tools Style Objects AMS_DATA.cif

Structural models

- Show models
- Show dot surface

Style

- Ball-and-stick
- Space-filling
- Polyhedral
- Wireframe
- Stick

Volumetric data

- Show sections
- Show isosurfaces
- Surface coloring

Style

- Smooth shading
- Wireframe
- Dot surface

Crystal shapes

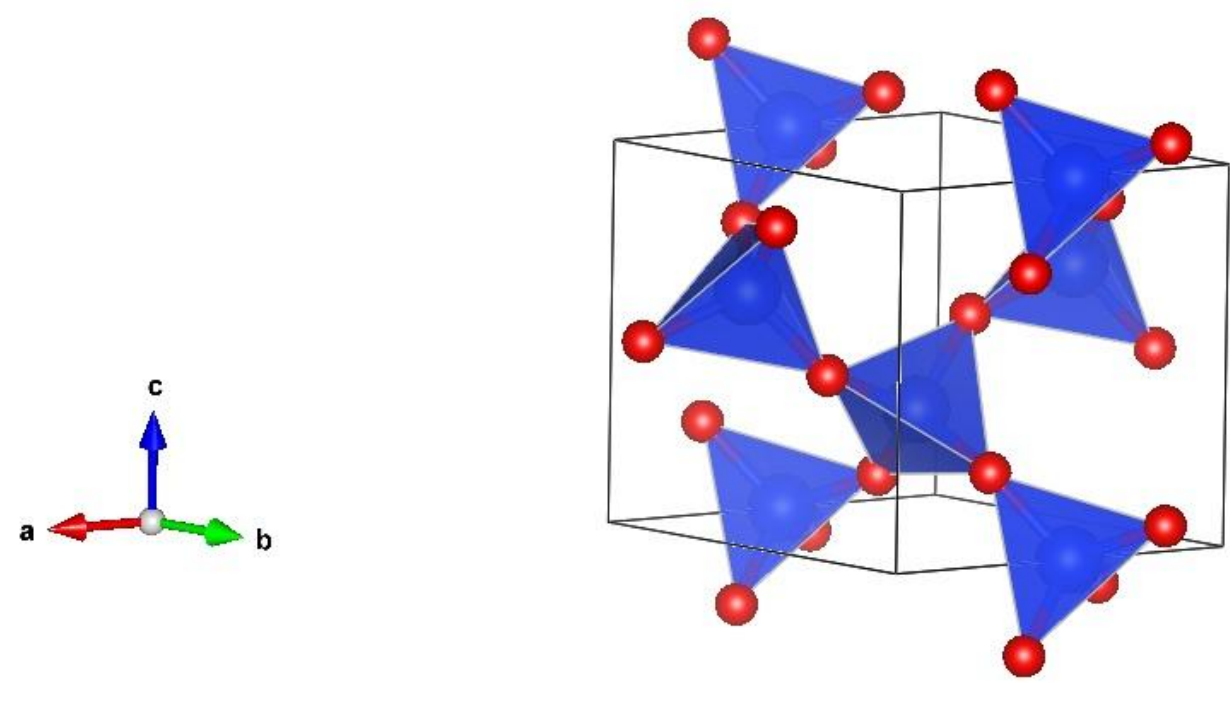
- Show shapes

Style

- Unicolor
- Custom color
- Wireframe

Properties...

Boundary... Orientation...



		x	y	z	Occ.	B	Site	Sym.
1	Si	0.46970	0.00000	0.00000	1.000	0.616	3	-
2	O	0.41350	0.26690	0.11910	1.000	1.058	6	-

Number of polygons and unique vertices on isosurface = 0 (0)
29 atoms, 28 bonds, 7 polyhedra; CPU time = 2 ms

Output Summary Comment

Crystal Maker

CrystalMaker for Windows - [augite.cmdf]

File Edit Selection Model Rendering Transform Window Help

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

Atom Info

Site	Colour	Vis	Lbl	r [Å]
Ca		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.14
Ca		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.14
Fe		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.69
Fe2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.69
Mg		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.86
Mg		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.86
O		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.21
O1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.21
O2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.21
O3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.21
Si		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.40
Si		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.40

Options >

Augite

Crystal structure data from: Bertolo S, Nimis P, Dal Negro A (1994) Low-Ca augite from experimental alkali basalt at 18 kbar: Structural variation near the miscibility gap Atomic parameters from ICSD. American Mineralogist 79:668-674

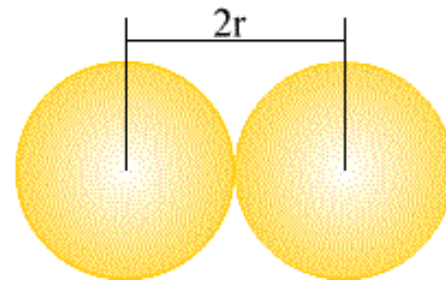
Tuesday, October 6, 2020
Local time Tue 3:10 AM
Clock 1 Mon 8:10 PM
Clock 2 Tue 5:40 AM

For Help, press F1

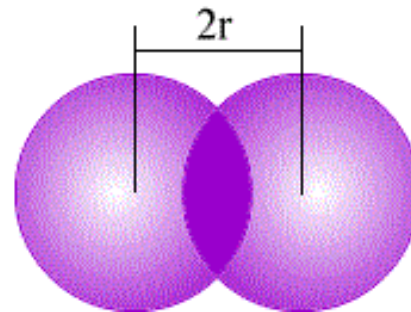
ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΚΤΙΝΑ (VFI ή CPK)

Αντιπροσωπεύει το μέγεθος (σε nm ή Å) ενός απομονωμένου και ηλεκτρικά ουδέτερου ατόμου ανεπηρέαστου από τοπολογίες χημικών δεσμών και εξαρτάται από το ηλεκτρονικό νέφος

→ Μεταλλική ακτίνα



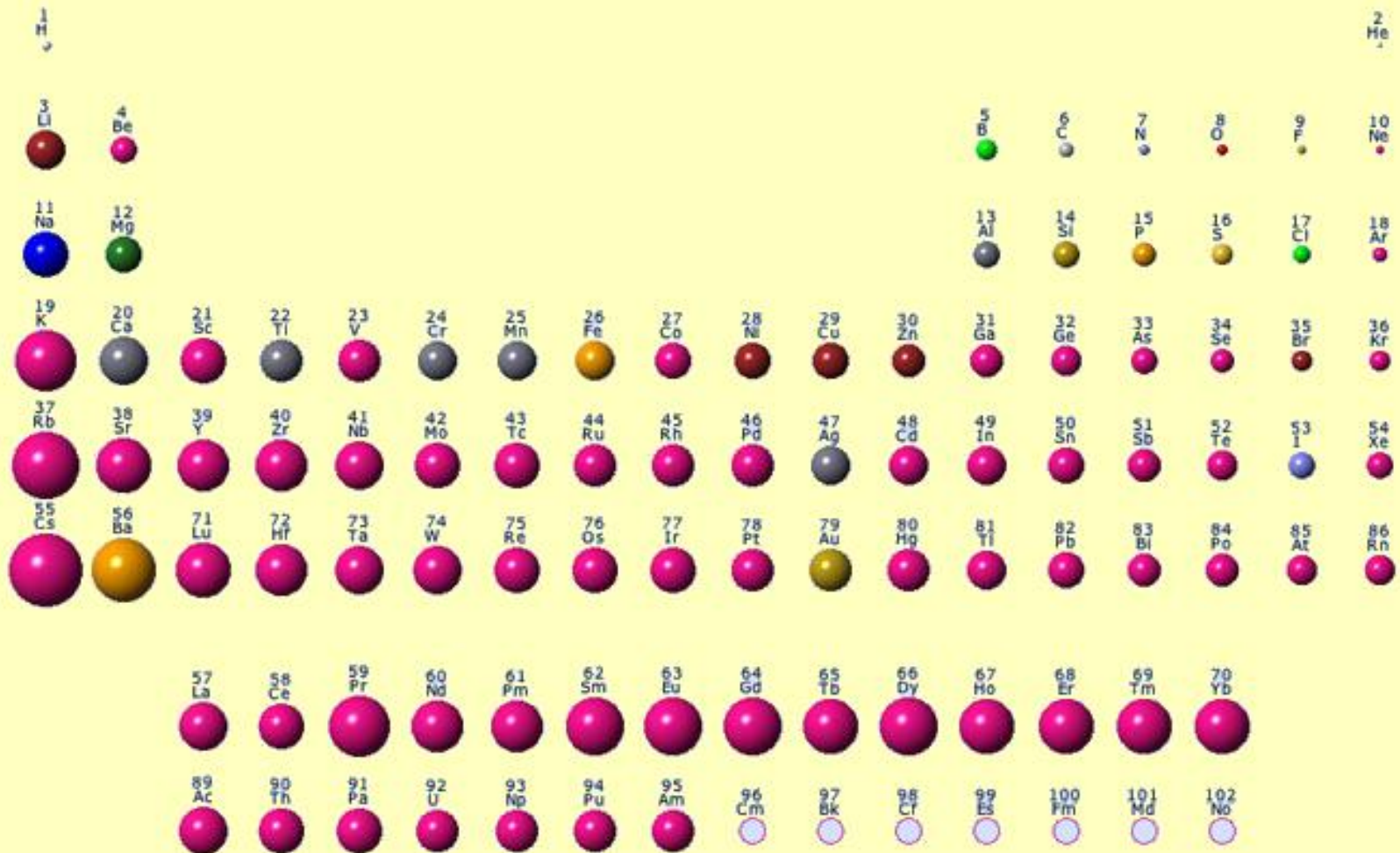
→ Ομοιοπολική ακτίνα

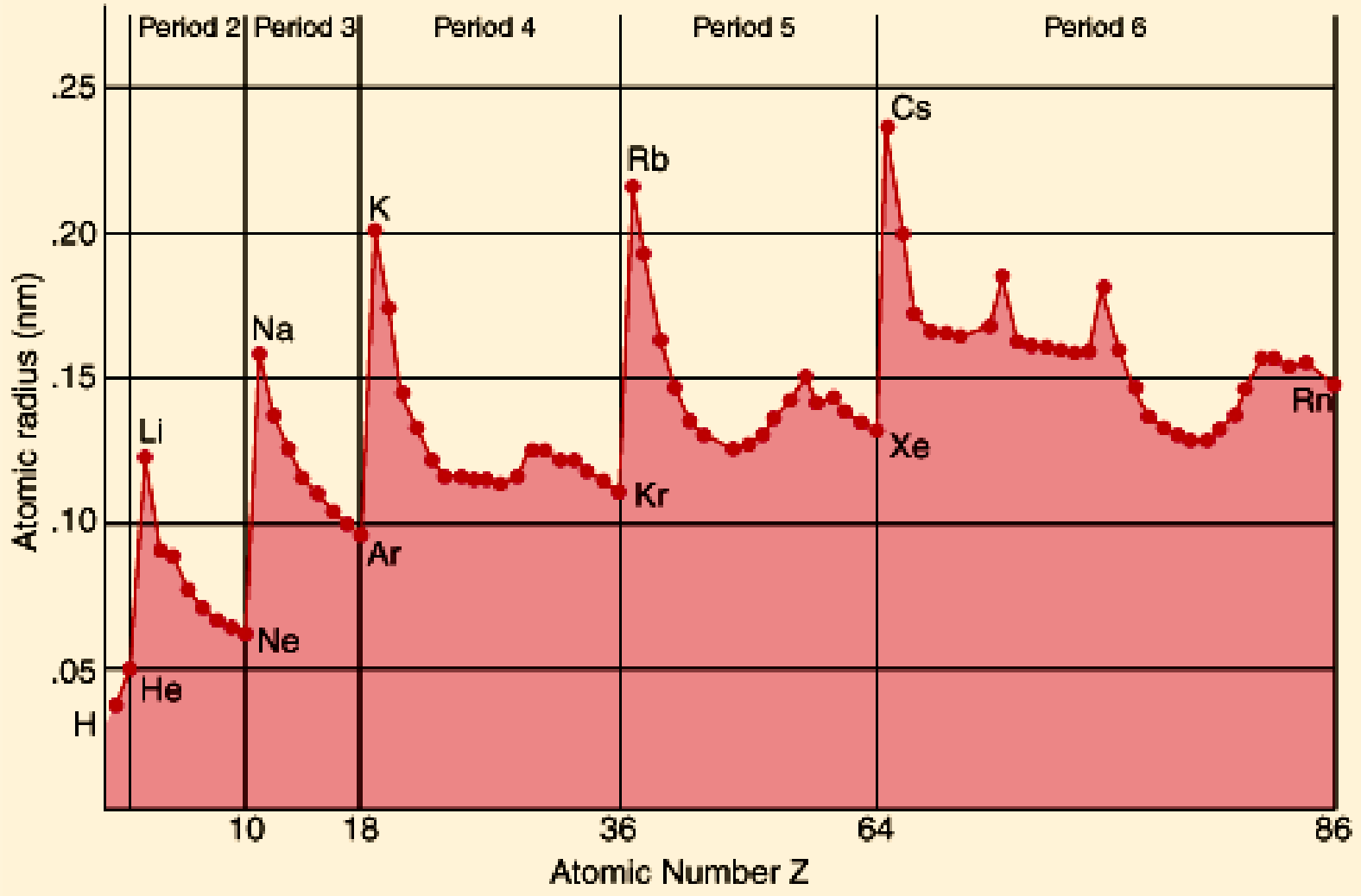


ATOMIKH AKTINA (VFI)



ATOMIKH AKTINA (CPK)

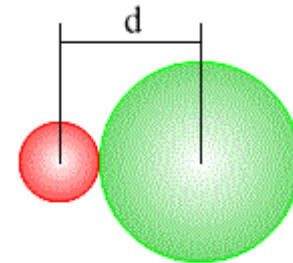




“ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ” ΚΑΙ ΙΟΝΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΑ

→ “Κρυσταλλική” ακτίνα

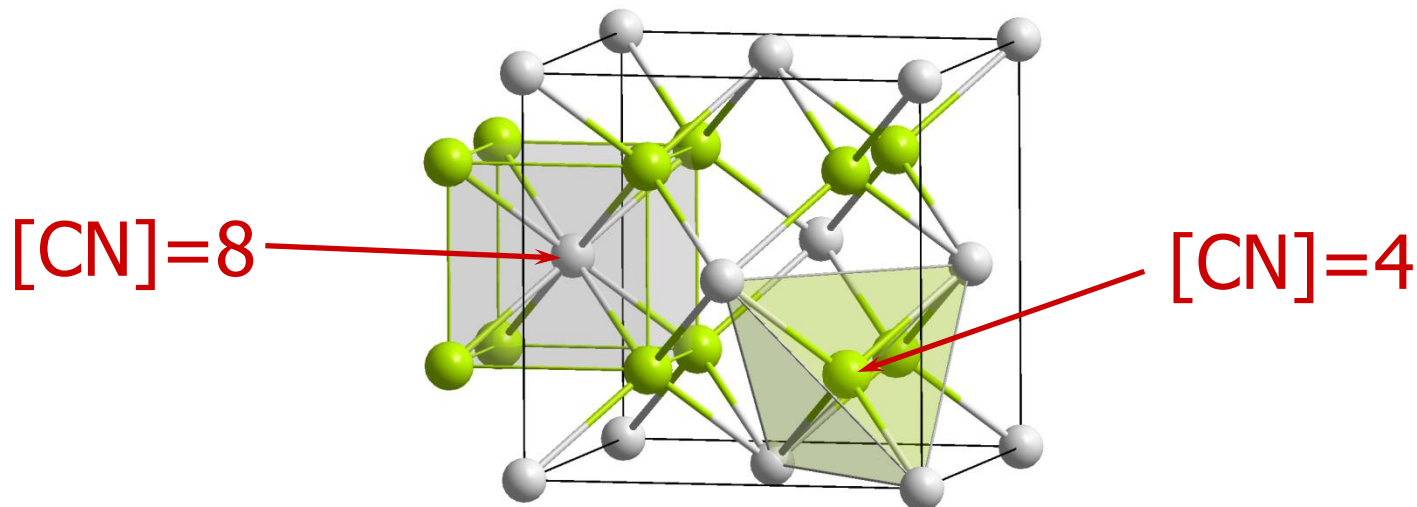
→ **Ιοντική ακτίνα (r)**



$$d = r(\text{cation}) + r(\text{anion})$$

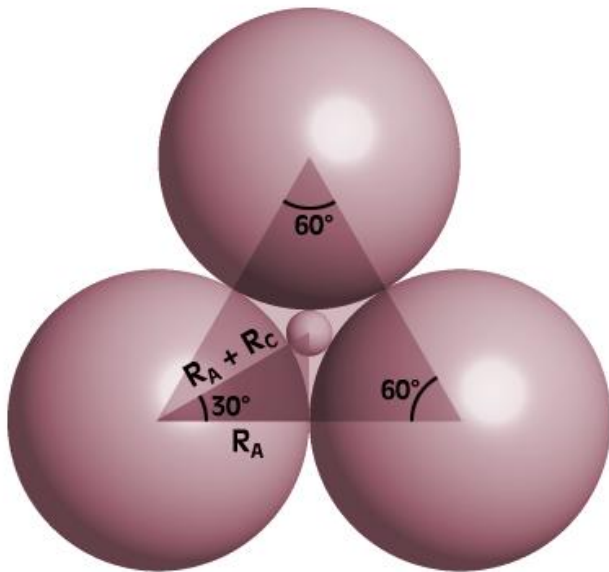
ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ [CN]

Πολύεδρα συναρμογής



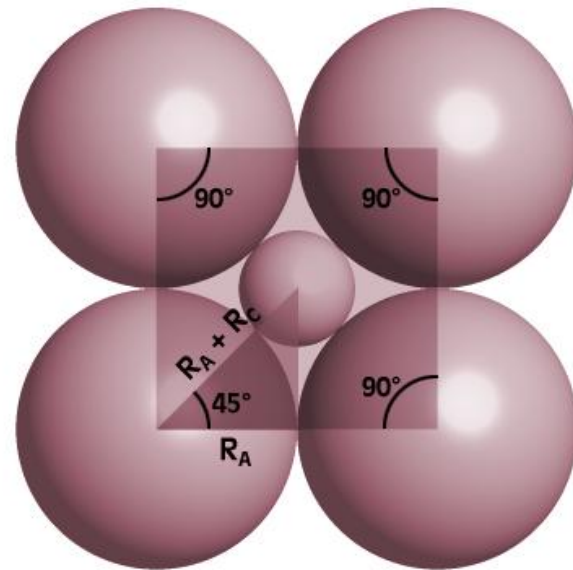
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΙΟΝΤΙΚΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

$$r_C / r_A \quad (r_C = r_{\text{ΚΑΤΙΟΝΤΟΣ}}, r_A = r_{\text{ΑΝΙΟΝΤΟΣ}})$$



$$[\text{CN}] = 3$$

$$r_C / r_A = 0.155$$



$$[\text{CN}] = 8$$

$$r_C / r_A = 0.414$$

ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΙΟΝΤΙΚΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

Πολύεδρα συναρμογής

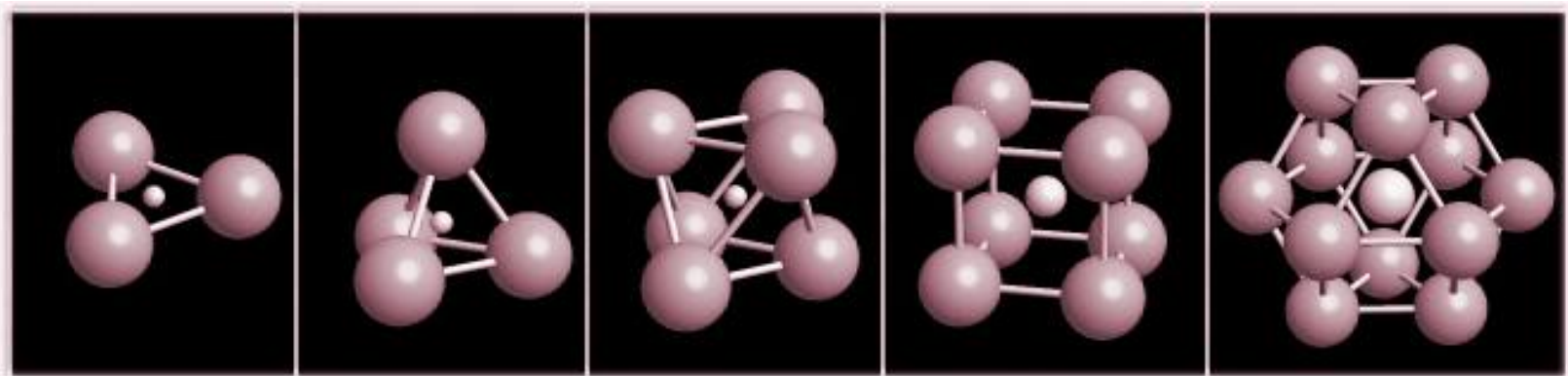
[CN]=3

[CN]=4

[CN]=6

[CN]=8

[CN]=12



0.15-0.22

0.22-0.41

0.41-0.73

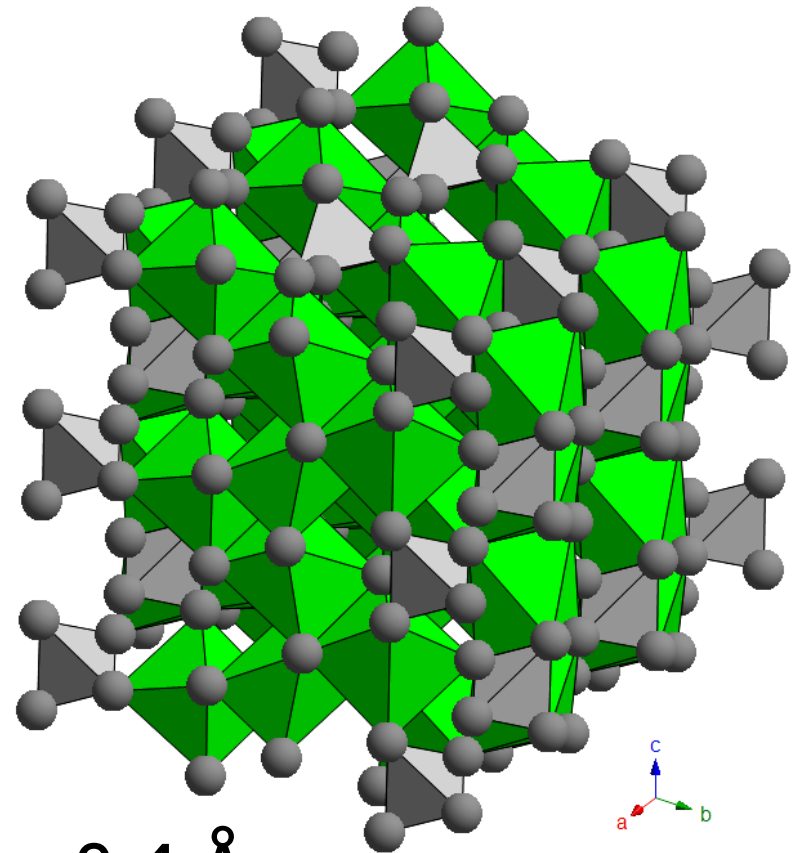
0.73-1

1

r_C/r_A

ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΟΛΙΒΙΝΗ

Η ιοντική ακτίνα του Si^{4+} είναι 0.04 nm (0.4 \AA) και επομένως, υποθέτοντας ότι συναρμόζεται με O^{2-} του οποίου η ιοντική ακτίνα είναι 1.40 \AA , έχουμε r_C/r_A ($r_{\text{Si}^{4+}}/r_{\text{O}^{2-}}$)= 0.286 οπότε και προκύπτει $[\text{CN}]=4$ (τετραεδρική συναρμογή). Αντίθετα, για το Mg^{2+} και τον Fe^{2+} προκύπτει $[\text{CN}]=6$ (οκταεδρική συναρμογή)

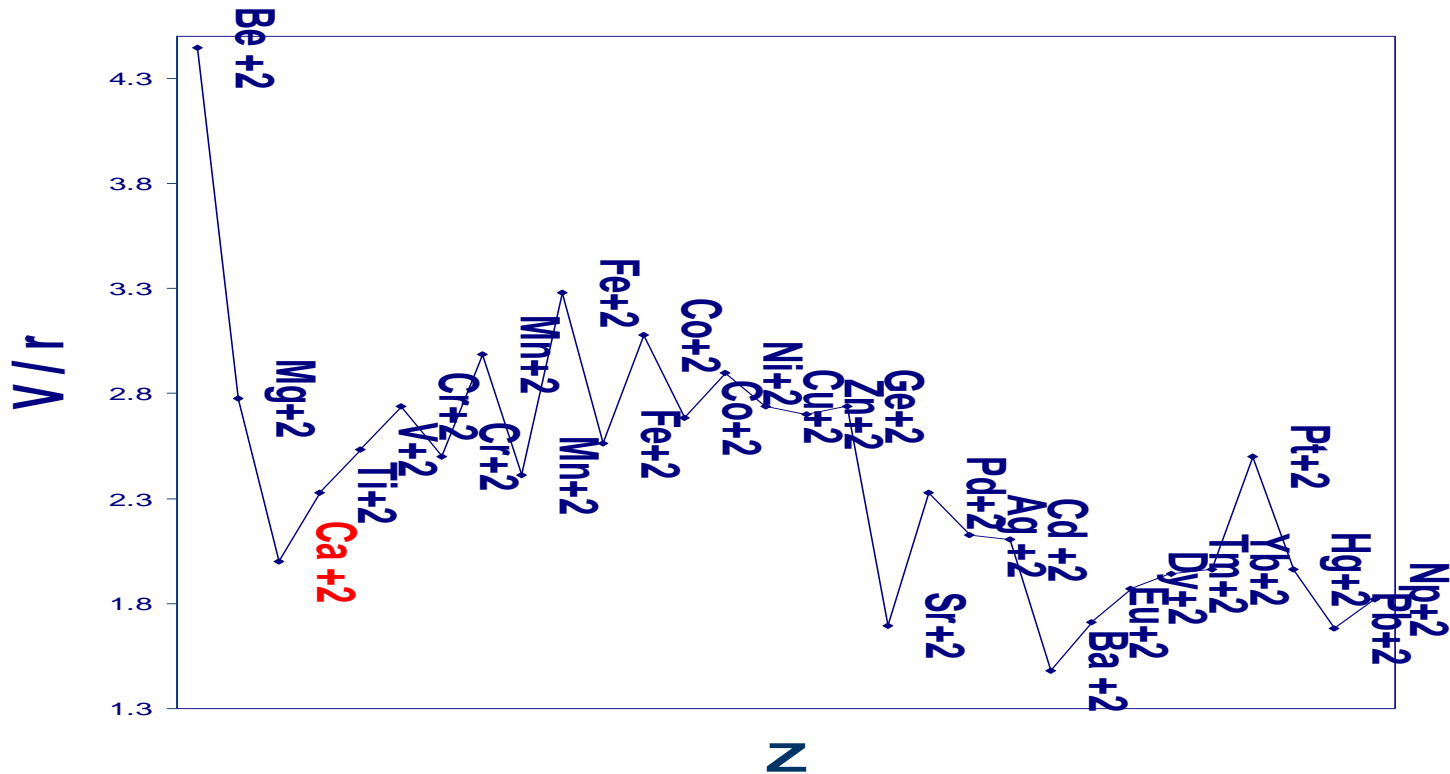


$$[4]r_{\text{Si}^{4+}} = 0.4 \text{ \AA}$$

$$[6]r_{\text{Mg}^{2+}} = 0.72 \text{ \AA}, [6]r_{\text{Fe}^{2+}} = 0.61 \text{ \AA}$$

Σθένος (valence) και Ιοντική Ακτίνα: Ο λόγος V/r

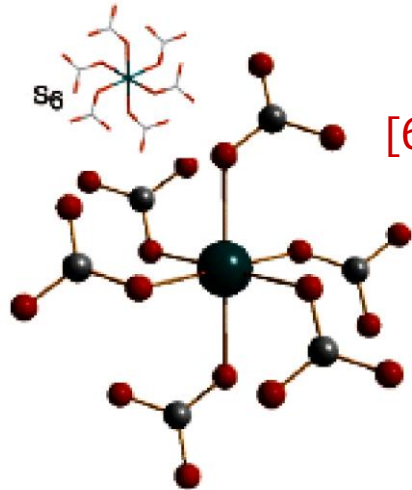
ΔΙΣΘΕΝΗ ΚΑΤΙΟΝΤΑ ΜΕ $[CN] = 6$



Τα κατιόντα με παραπλήσιο λόγο V/r αντικαθιστούν εύκολα το ένα το άλλο σε κρυσταλλικά πλέγματα στο ίδιο πολύεδρο συναρμογής (π.χ. $Ca^{2+} \Leftrightarrow Cd^{2+}$, $V/r=2$ και $V/r=2.1$ αντίστοιχα, σε $[CN]=6$)

ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΟΡΦΩΝ ΤΟΥ CaCO_3

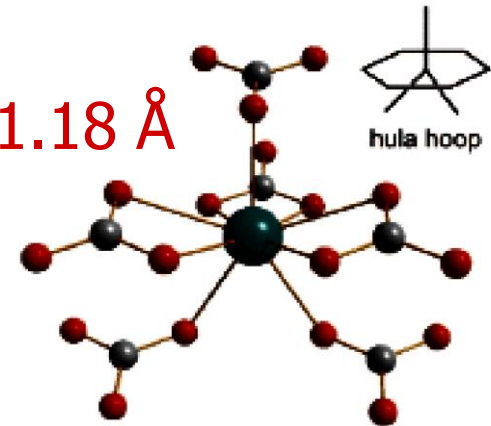
ΔΟΜΗ ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ



$$[6] r_{\text{Ca}^{2+}} = 1 \text{ \AA}$$

$$[\text{CN}] = 6$$

ΔΟΜΗ ΑΡΑΓΟΝΙΤΗ



$$[9] r_{\text{Ca}^{2+}} = 1.18 \text{ \AA}$$

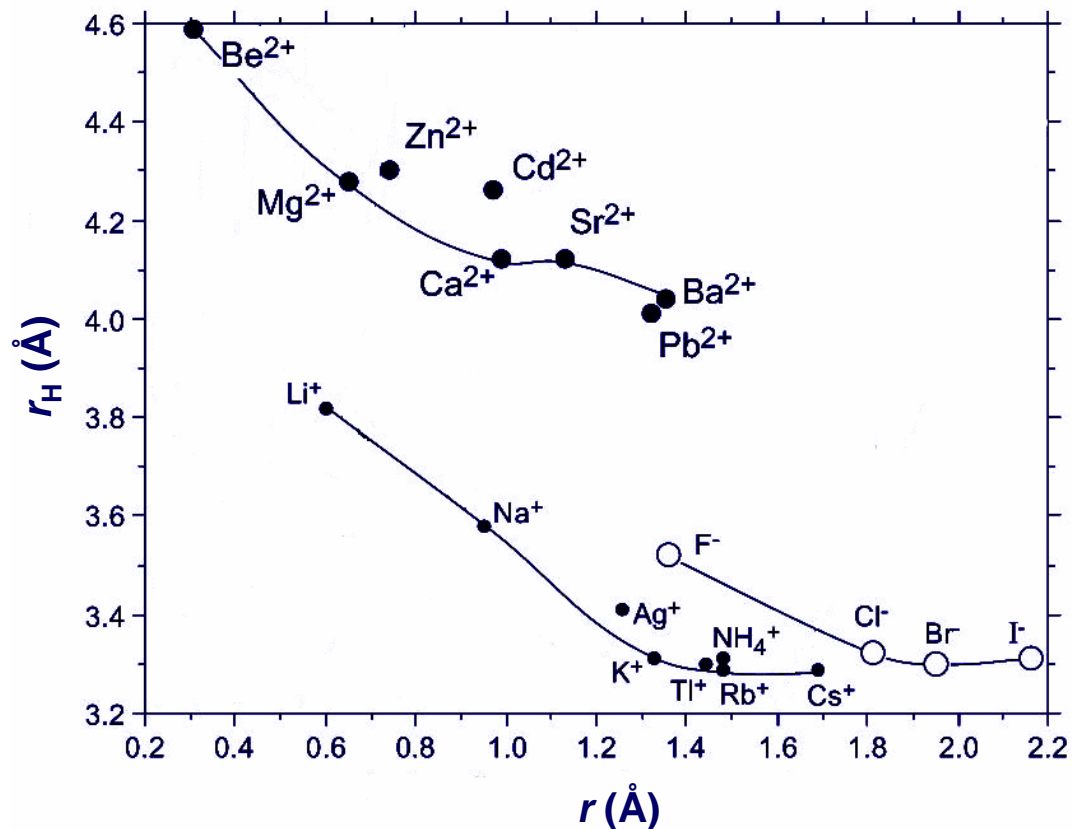
$$[\text{CN}] = 9$$

ΙΟΝ	Σθένος (V)	Η λ . Δ ι α μ ο ρ φ ω σ η	[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

Η ΕΝΥΔΑΤΩΜΕΝΗ ΙΟΝΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΑ

Όταν τα κατιόντα εξέλθουν από το κρυσταλλικό πλέγμα και βρεθούν σε υδατικά διαλύματα αποκτούν ένα περίβλημα μορίων H_2O ενώ το μέγεθος της ενυδατωμένης ιοντικής ακτίνας (r_H) είναι αντιστρόφως ανάλογο του μεγέθους της ιοντικής ακτίνας στο στερεό

Η ιοντική ακτίνα του Cs^+ είναι 1.69 \AA και η ενυδατωμένη του 3.29 \AA . Αντίστοιχα η ιοντική ακτίνα του Be^{2+} είναι 0.31 \AA και η ενυδατωμένη του 4.59 \AA

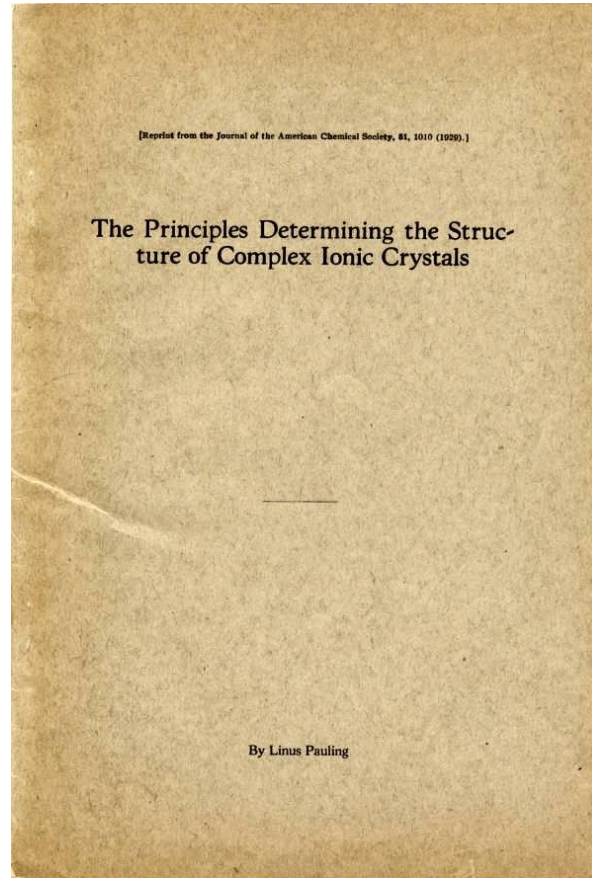


KANONEΣ TOY PAULING

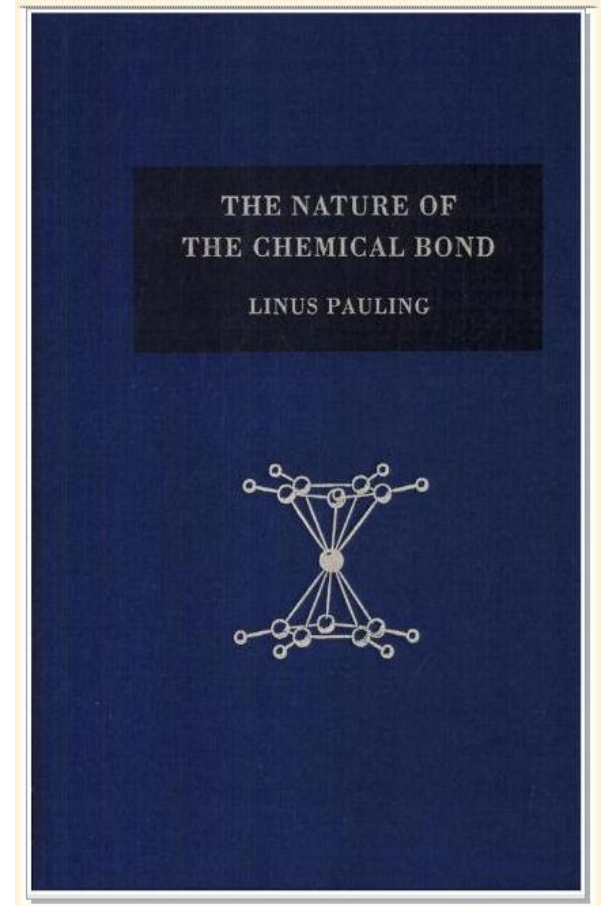


**L. Pauling
(1901-1994)**

**BPABEIO Nobel
XHMEIAS 1954
&
BPABEIO Nobel
EIPHNHS 1962**



*Journal of the
American Chemical
Society (1929)*



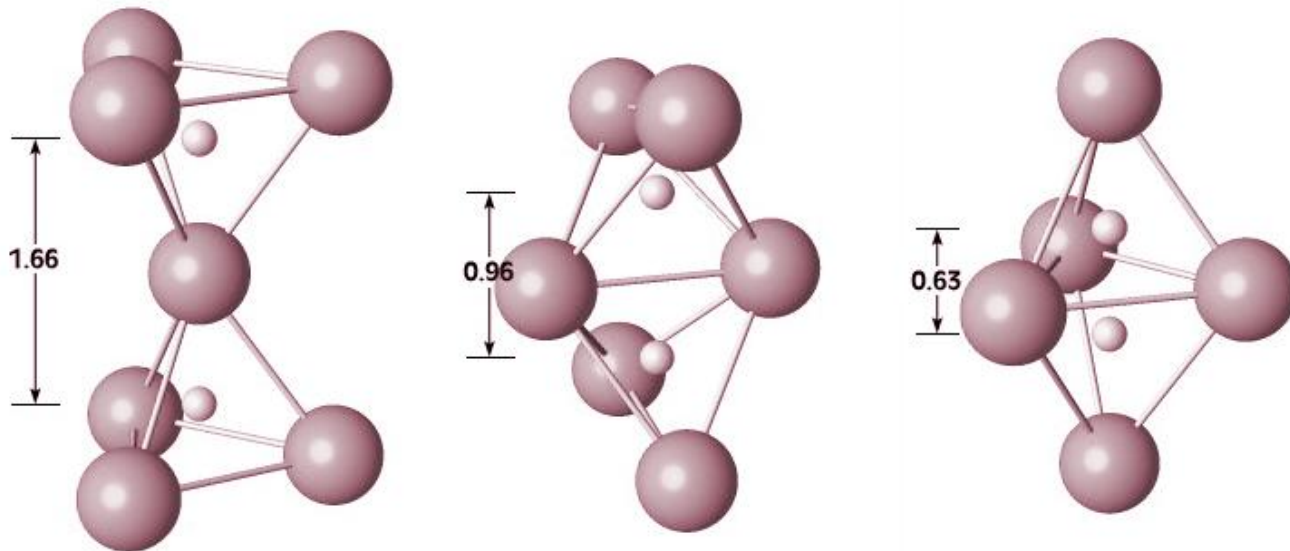
The Nature of the
Chemical Bond
(1939)

1ος και 2ος ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΟΥ PAULING

- Για κάθε κατιόν (στο κρυσταλλικό πλέγμα) σχηματίζεται ένα πολυέδρο συναρμογής από ανιόντα. Η απόσταση κατιόντος-ανιόντος προσδιορίζεται από το άθροισμα των ιοντικών ακτίνων και ο αριθμός συναρμογής [CN] από την αναλογία των ιοντικών ακτίνων (r_C/r_A)
- Σε μια σταθερή δομή συναρμογής η ολική ισχύς των δεσμών από όλα τα γειτνιάζοντα κατιόντα προς ένα ανιόν ισούται με το φορτίο του ανιόντος (τοπική εξισορρόπηση φορτίου). Μπορεί να εκφρασθεί ως ο λόγος του σθένους προς τον αριθμό συναρμογής ($V/[CN]$). Εαν π.χ. το Si^{4+} σε τετραεδρική συναρμογή αντικατασταθεί από Al^{3+} τότε ο λόγος $V/[CN]$ από 1 γίνεται 0.75 και απαιτούνται επιπλέον μή-τετραεδρικά κατιόντα για εξισορρόπηση του φορτίου

3ος ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΟΥ PAULING

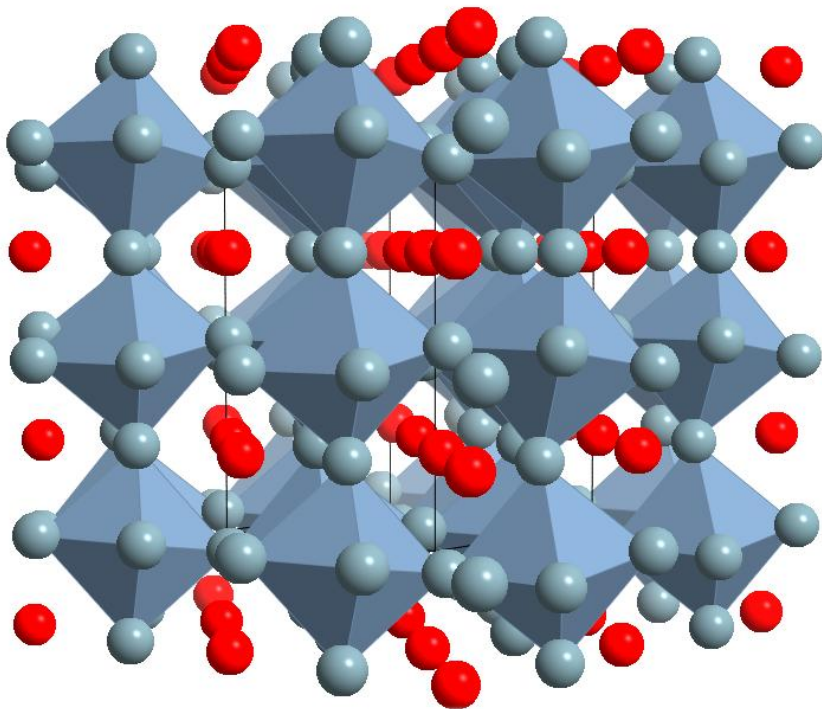
- Το μοίρασμα ακμών και ειδικότερα εδρών μεταξύ δύο πολυέδρων συναρμογής μειώνει τη σταθερότητα της ιοντικής δομής [πλησιάζουν τα κατιόντα που βρίσκονται μέσα στα πολυέδρα και ενισχύεται η άπωση]



Τα τετράεδρα κατιόντων με υψηλό σθένος όπως το Si^{4+} σχηματίζουν αλυσίδες, δακτυλίους και "φύλλα" με κοινές κορυφές, ενώ τα οκτάεδρα στοιχείων με χαμηλότερο σθένος όπως το Al^{3+} μπορούν να έχουν κοινές ακμές αλλά όχι έδρες

4ος ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΟΥ PAULING

- Σε ένα κρύσταλλο που περιέχει διαφορετικά κατιόντα εκείνα τα οποία εμφανίζουν υψηλή οξειδωτική κατάσταση (σθένος) και μικρό αριθμό συναρμογής [CN] τείνουν να μην μοιράζονται πολυεδρικά στοιχεία μεταξύ τους



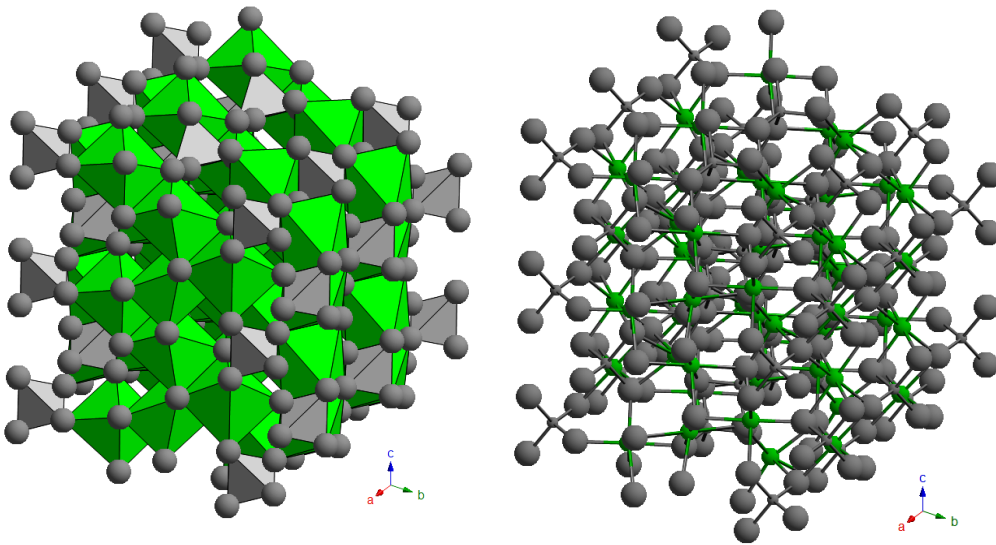
Ti⁴⁺: CN=6, ^[6]r_{Ti⁴⁺} = 0.60 Å
ΜΟΙΡΑΣΜΑ ΑΚΜΩΝ

Ca²⁺: CN=12, ^[12]r_{Ca²⁺} = 1.34 Å
ΜΟΙΡΑΣΜΑ ΕΔΡΩΝ

ΠΕΡΟΒΣΚΙΤΗΣ (CaTiO₃)

5ος ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΟΥ PAULING

□ Ο αριθμός των διαφορετικών ειδών δομικών συστατικών (πολύεδρα συναρμογής κ.λ.π.) σε ένα κρύσταλλο τείνει να είναι μικρός, δηλ. εμφανίζονται όμοια δομικά περιβάλλοντα για όμοια άτομα (απλούστερη δομή→χαμηλότερη δυνατή ενέργεια→σταθερότητα)

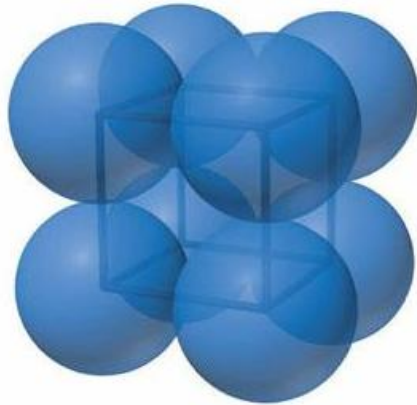


ΟΛΙΒΙΝΗΣ : $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$

Στη δομή π.χ. του ολιβίνη υπάρχουν μόνο 4 διαφορετικές διατάξεις ατόμων: όλα τα άτομα Ο μοιράζονται μεταξύ ενός τετραέδρου (που περιέχει πάντα Si^{4+}) και τριών οκταέδρων (που περιέχουν Mg^{2+} και Fe^{2+})

ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΚΥΒΙΚΟ ΠΛΕΓΜΑ

PCC

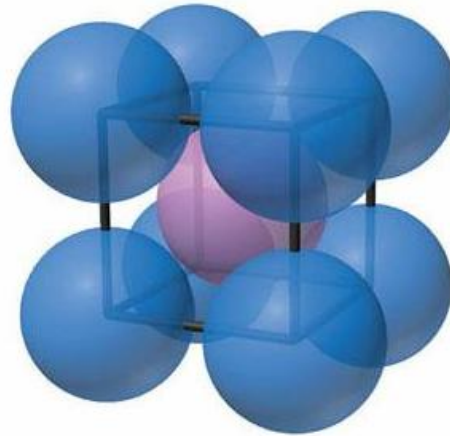


1/8 άτομα σε 8
κορυφές

CN=6

Άτομα/Κυψελίδα:
 $1/8 \cdot 8 = 1$

BCC

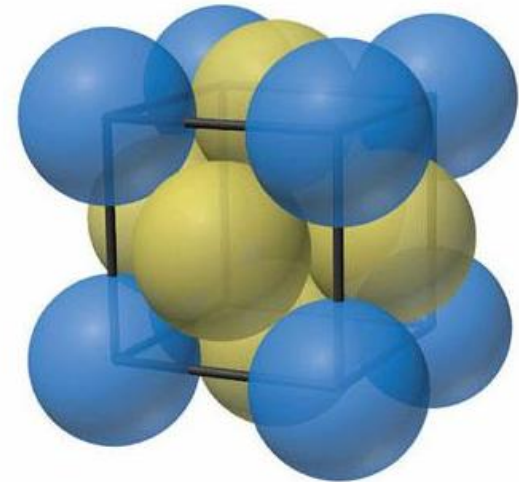


1/8 άτομα σε 8
κορυφές, 1 άτομο
στο κέντρο

CN=8

Άτομα/Κυψελίδα:
 $(1/8 \cdot 8) + 1 = 2$

FCC

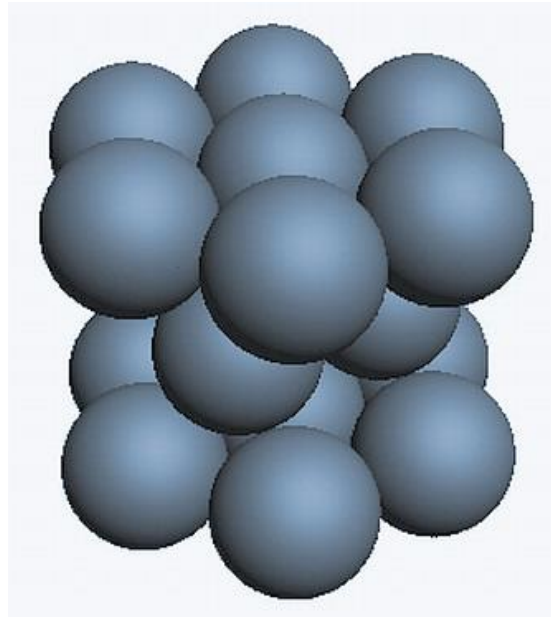


1/8 άτομα σε 8
κορυφές, 1/2
άτομα σε 6 έδρες

CN=12

Άτομα/Κυψελίδα:
 $(1/8 \cdot 8) + (1/2 \cdot 6) = 4$

ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ ΠΛΕΓΜΑ (**HCP**)



CN=12

Οι διατάξεις **FCC** (συμπαγής κυβική συσσωμάτωση) και **HCP** (συμπαγής εξαγωνική συσσωμάτωση) συνιστούν το τελειότερο πακετάρισμα σφαιρών με την μέγιστη δυνατή πυκνότητα που είναι $\pi/(3\sqrt{2}) \approx 74.048\%$ (**Υπόθεση Kepler**). Ωστόσο επειδή ισχύει $r_C/r_A=1$ είναι σπάνιες σε κοινά ορυκτά και συναντώνται κυρίως σε κρυστάλλους αυτοφυών στοιχείων και σε κράματα

ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ

H																	He																														
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																														
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																														
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																														
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																														
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																														
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo																														
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>La</td> <td>Ce</td> <td>Pr</td> <td>Nd</td> <td>Pm</td> <td>Sm</td> <td>Eu</td> <td>Gd</td> <td>Tb</td> <td>Dy</td> <td>Ho</td> <td>Er</td> <td>Tm</td> <td>Yb</td> <td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Ac</td> <td>Th</td> <td>Pa</td> <td>U</td> <td>Np</td> <td>Pu</td> <td>Am</td> <td>Cm</td> <td>Bk</td> <td>Cf</td> <td>Es</td> <td>Fm</td> <td>Md</td> <td>No</td> <td>Lr</td> </tr> </tbody> </table>																		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																	
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																	

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

Οι στοιχειώδεις δομικές μονάδες των πλεγμάτων των κρυσταλλικών υλικών (άτομα, ιόντα, μόρια) συνδέονται μεταξύ τους με διαφόρων ειδών χημικούς δεσμούς με αποτέλεσμα να περικλείεται ενέργεια. Η ενέργεια W απαιτείται για την απομάκρυνση ουδέτερων ατόμων από το κρυσταλλικό πλέγμα προς το άπειρο, σε θερμοκρασία $0 \text{ }^\circ\text{K}$, ονομάζεται **ενέργεια πλέγματος** και δίδεται σε **kJ/mol** :

$$W = (a \cdot V_C \cdot V_A \cdot e^2 \cdot N_L / (r_C + r_A)) \cdot (1 - 1/m)$$

όπου V_C , V_A είναι τα σθένη των ιόντων, r_C και r_A οι ιοντικές ακτίνες, e το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο, N_L ο αριθμός Lodschmidt, m ο εκθέτης απώθησης που παίρνει τιμές μεταξύ του 5 και του 12, και a η σταθερά **MADELUNG**

A NEW YORK TIMES BESTSELLER

Salt

A World

History



“The fascinating, indispensable history of an indispensable ingredient . . . a must-have for any serious cook or foodie.” —ANTHONY BOURDAIN

MARK KURLANSKY

Author of *Cod* and *The Basque History of the World*

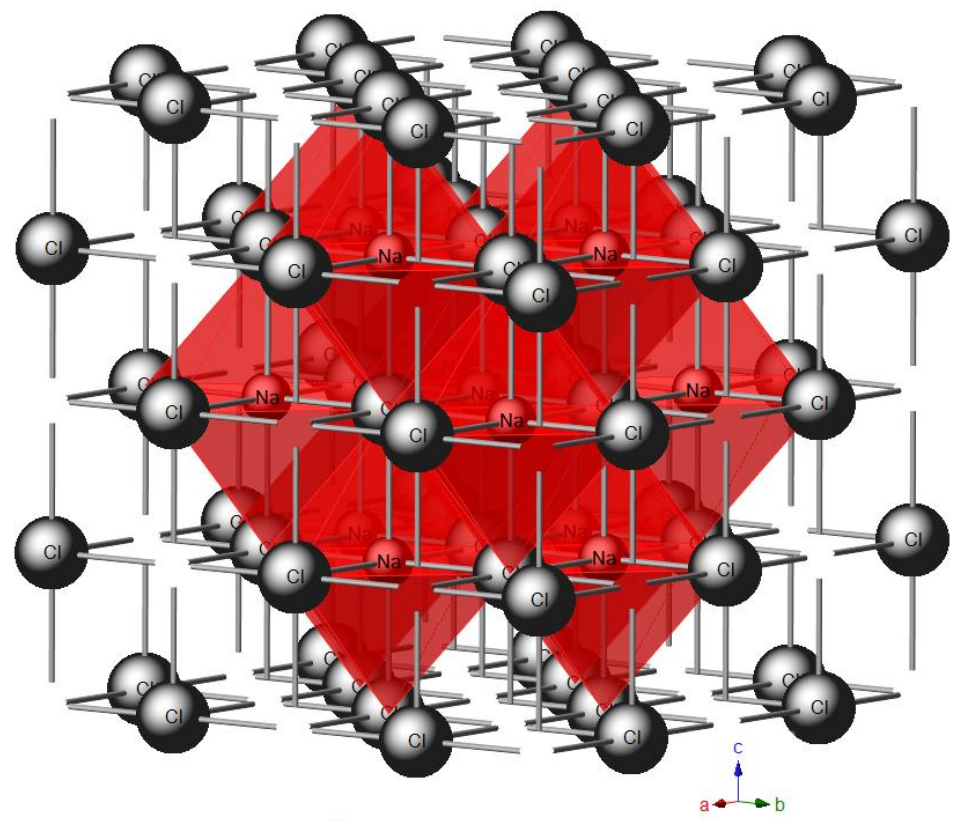
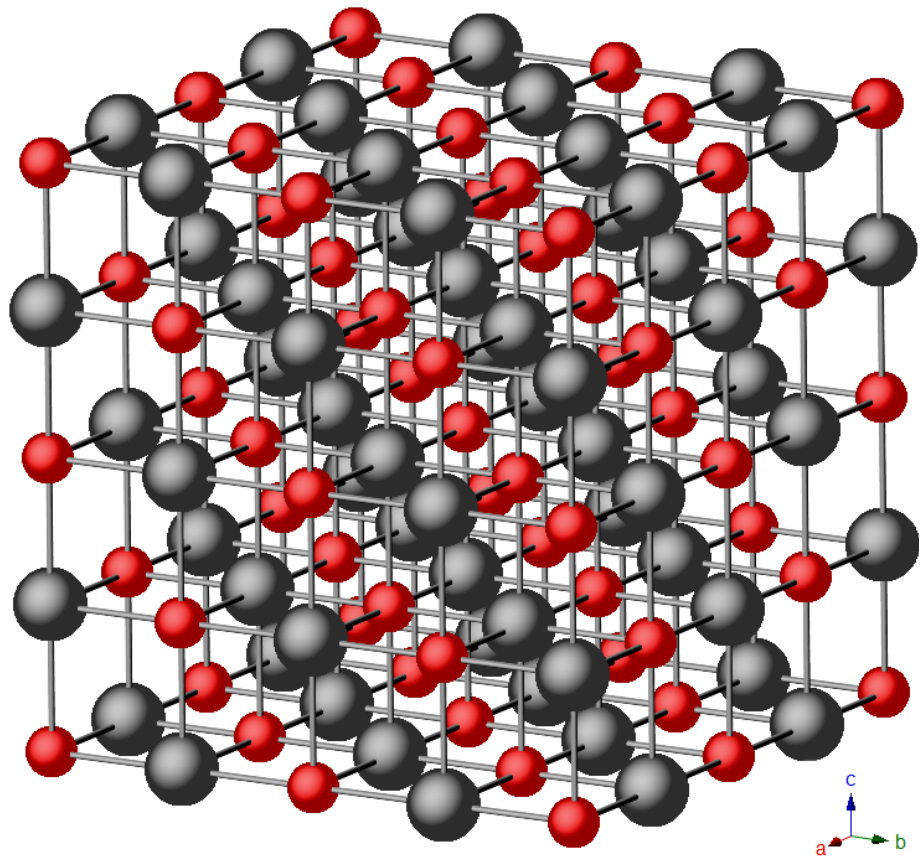


NaCl (ΑΛΙΤΗΣ)



*Salt—the only rock we eat—
has made a glittering, often surprising
contribution to the history of humankind*

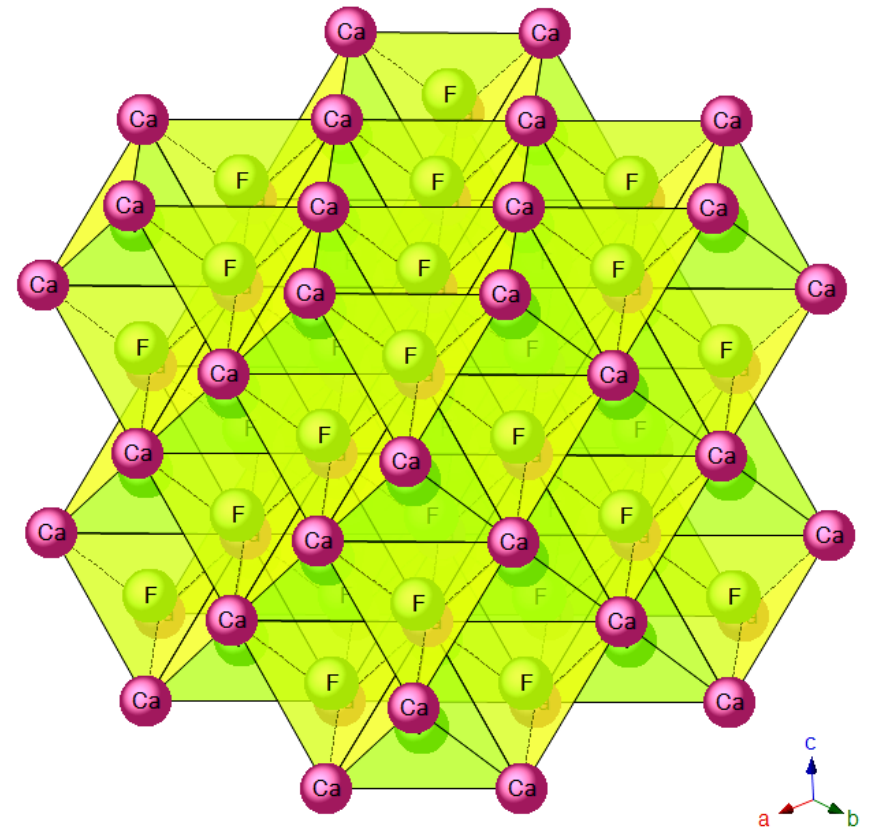
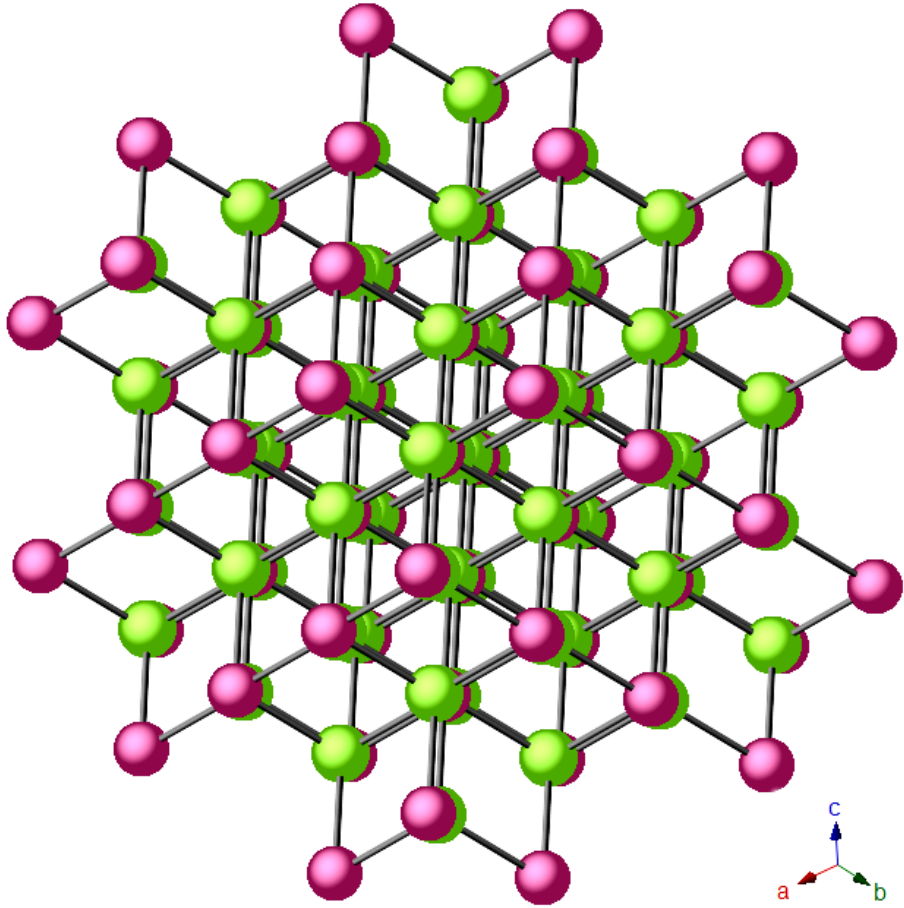
NaCl (ΑΛΙΤΗΣ) - FCC



ΦΘΟΡΙΤΗΣ (CaF_2) - FCC

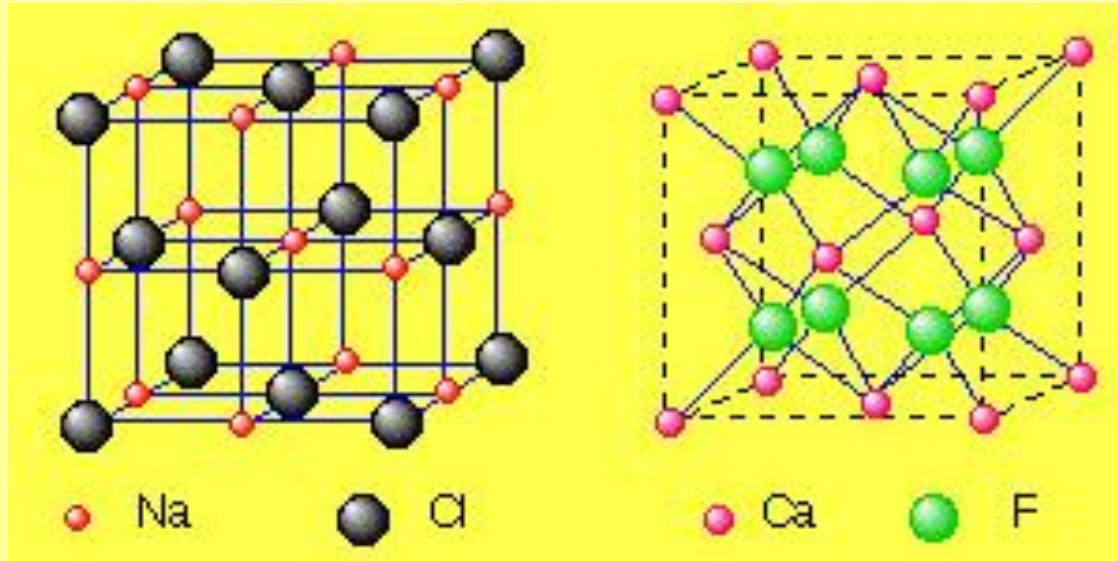


ΦΘΟΡΙΤΗΣ (CaF_2) - FCC



FCC

ΑΛΙΤΗΣ (NaCl) και ΦΘΟΡΙΤΗΣ (CaF₂)



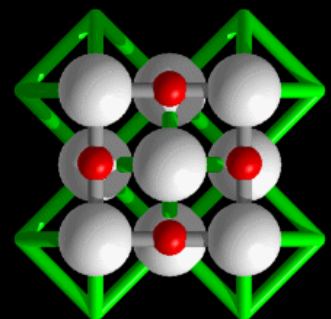
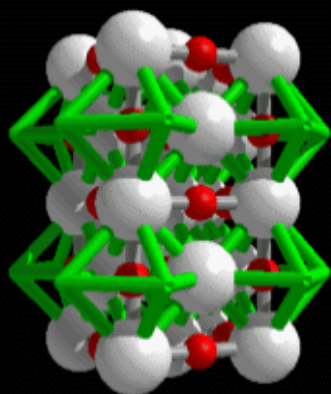
[6]Na⁺ & [6]Cl⁻

[8]Ca²⁺ & [4]F⁻

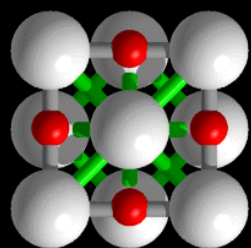
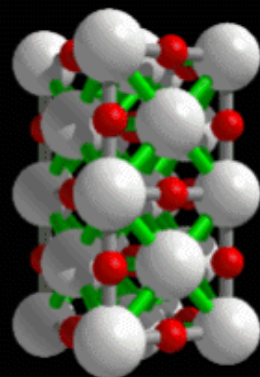
$r_C/r_A (r_{Na^+}/r_{Cl^-})=0.55$
άρα [CN]=6

$r_C/r_A (r_{Ca^{2+}}/r_{F^-})=0.75$
άρα [CN]=8

ΑΛΙΤΗΣ (NaCl)

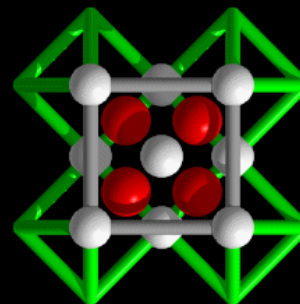
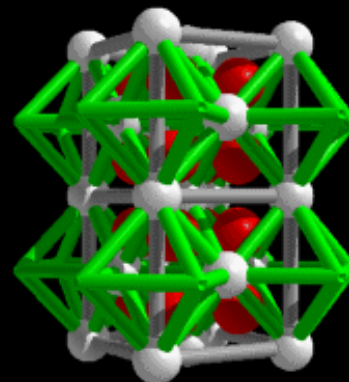


Οκταεδρικές
"οπές" με Na^+

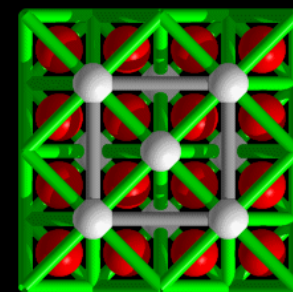
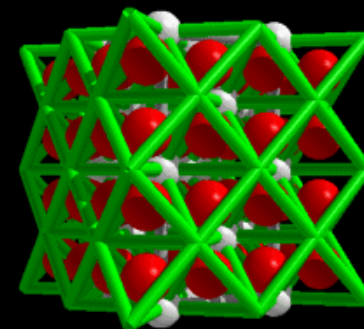


Τετραεδρικές
"οπές" κενές

ΦΘΟΡΙΤΗΣ (CaF_2)

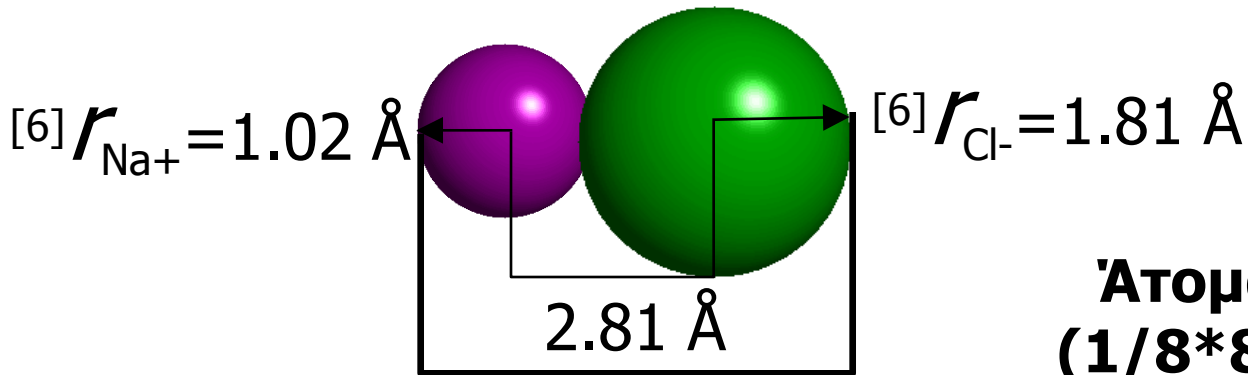
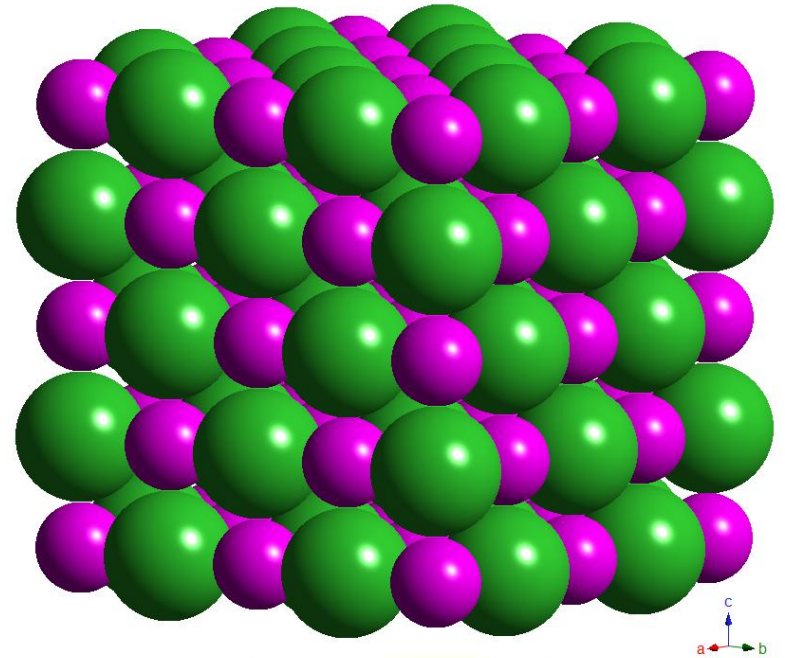
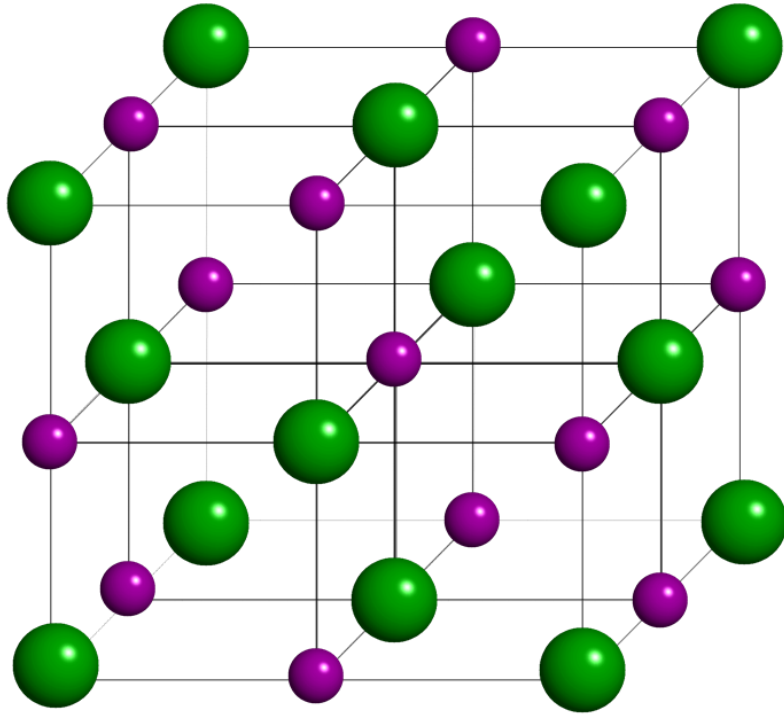


Οκταεδρικές
"οπές" κενές



Τετραεδρικές
"οπές" με F^-

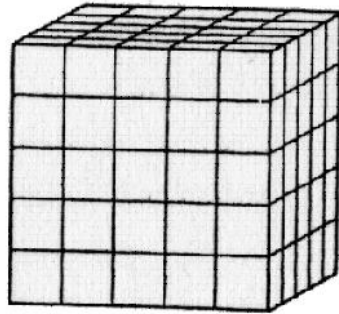
NaCl (ΑΛΙΤΗΣ) - FCC



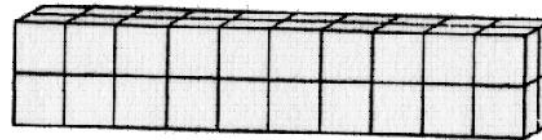
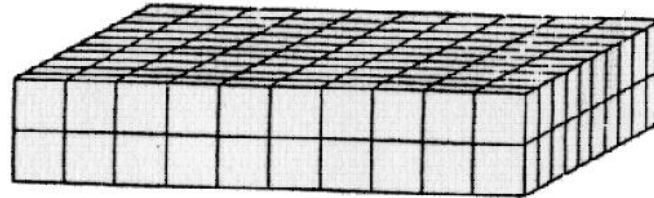
**$5.64 \text{ \AA} =$
μέγεθος Κυψελίδας**

**Άτομα/Κυψελίδα:
 $(1/8 * 8) + (1/2 * 6) = 4$**

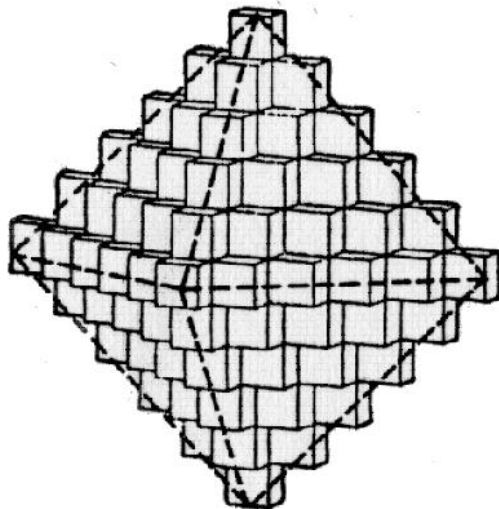
ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΜΟΝΑΔΙΑΙΑ ΚΥΨΕΛΙΔΑ



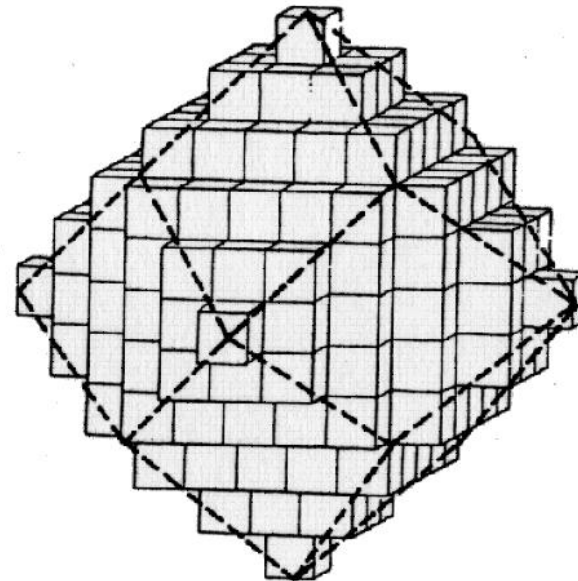
(a)



(b)



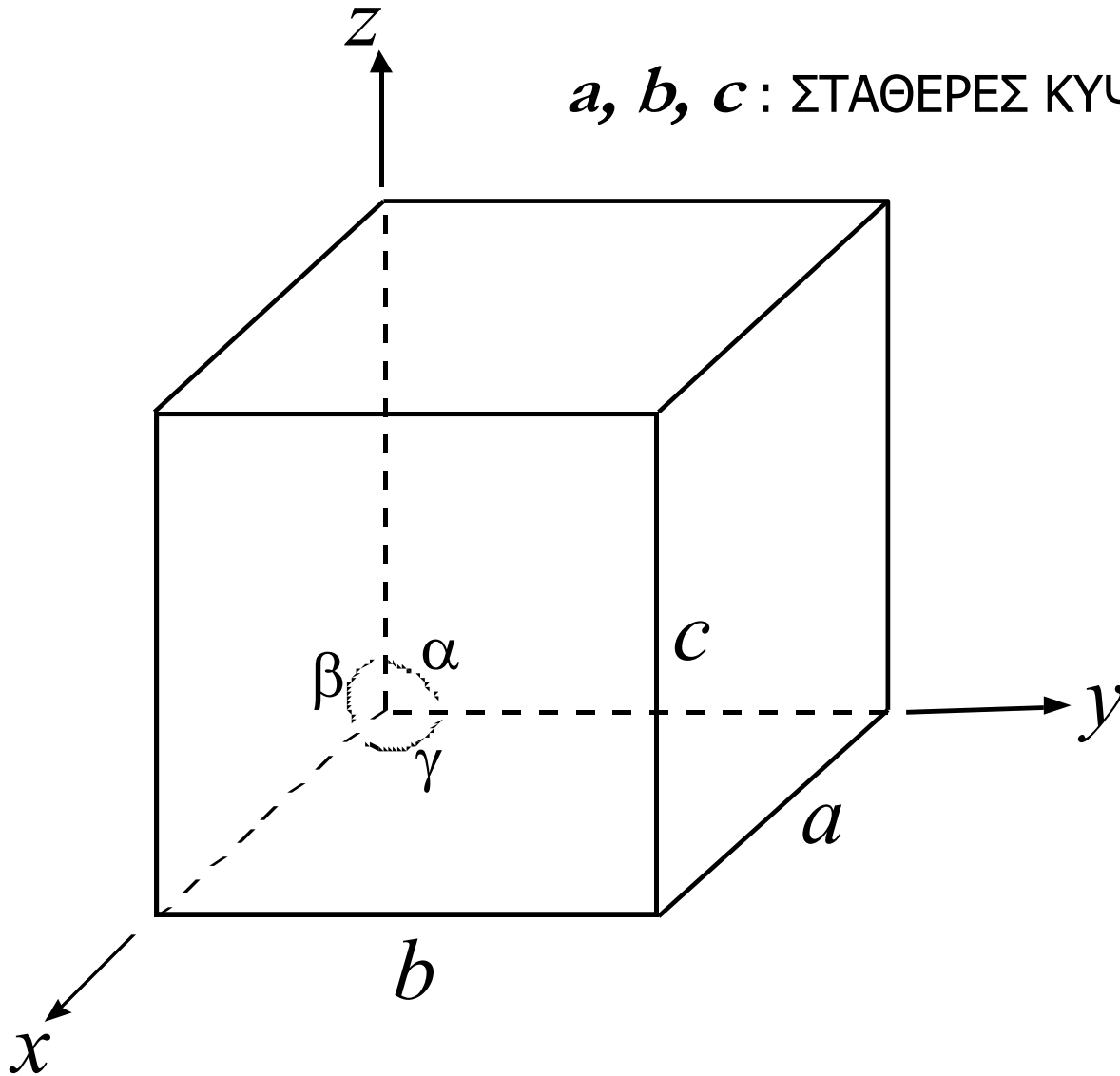
(c)

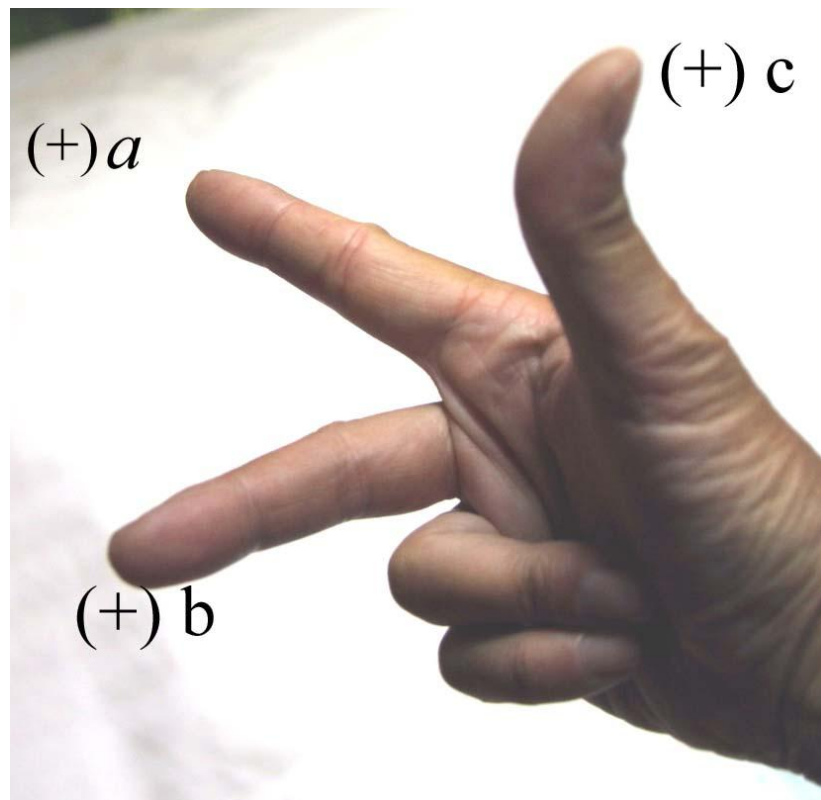
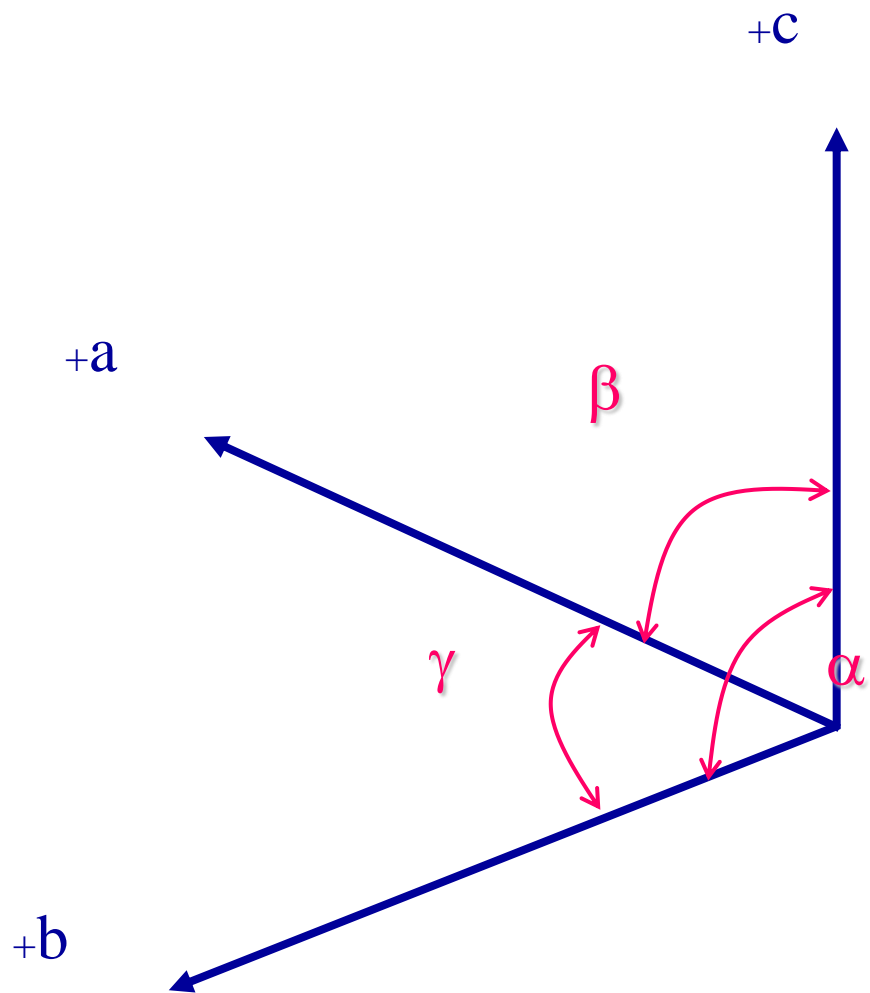


(d)

x, y, z : ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ

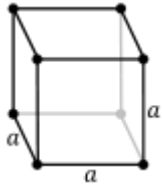
a, b, c : ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ



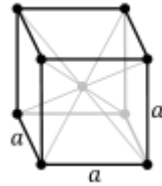


ΤΑ 14 ΠΛΕΓΜΑΤΑ BRAVAIS

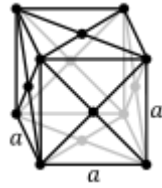
ΚΥΒΙΚΟ



P (PCC)

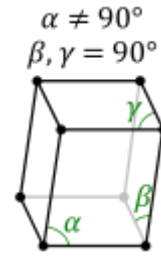


I (BCC)

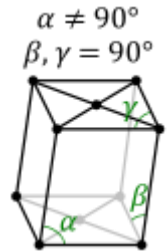


F (FCC)

ΜΟΝΟΚΛΙΝΕΣ

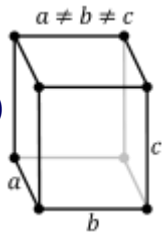


P

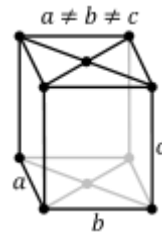


C

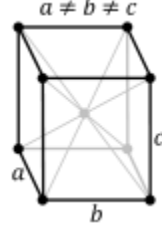
ΡΟΜΒΙΚΟ



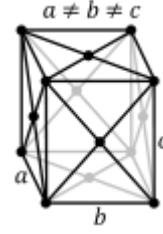
P



C

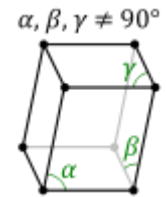


I



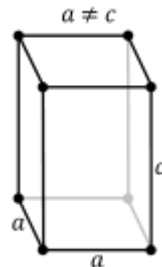
F

ΤΡΙΚΛΙΝΕΣ

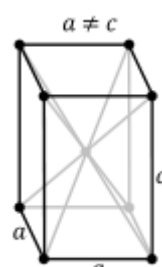


P

ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ



P



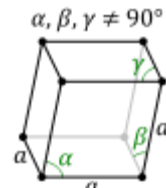
I

ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ



A

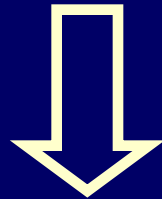
ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ



P

7

Κρυσταλλικά Συστήματα



32

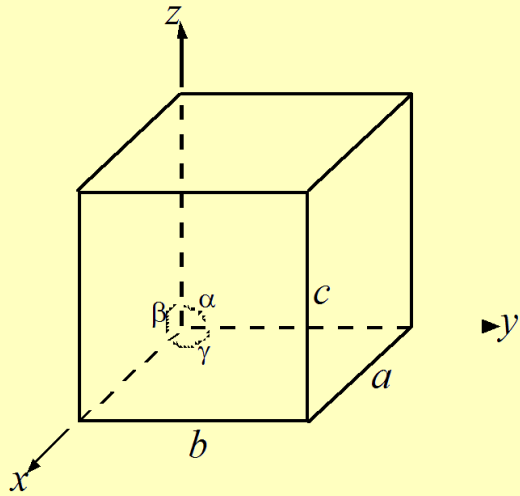
Κρυσταλλικές Τάξεις

Κρυσταλλικά Συστήματα

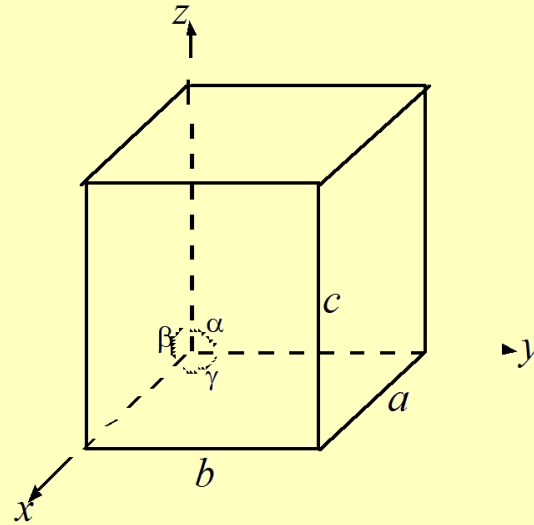
- Κυβικό σύστημα
- Τετραγωνικό σύστημα
- Ρομβικό σύστημα
- Εξαγωνικό σύστημα
- Τριγωνικό σύστημα
- Μονοκλινές σύστημα
- Τρικλινές σύστημα

Κατά την αμερικάνικη ταξινόμηση τα δύο συστήματα κατατάσσονται σαν υποσυστήματα του Εξαγωνικού

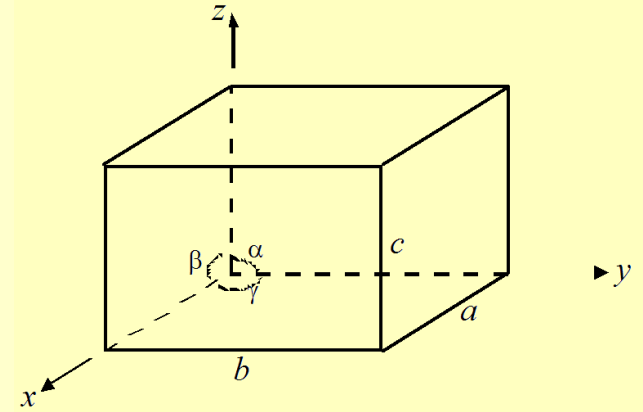
ΚΥΒΙΚΟ



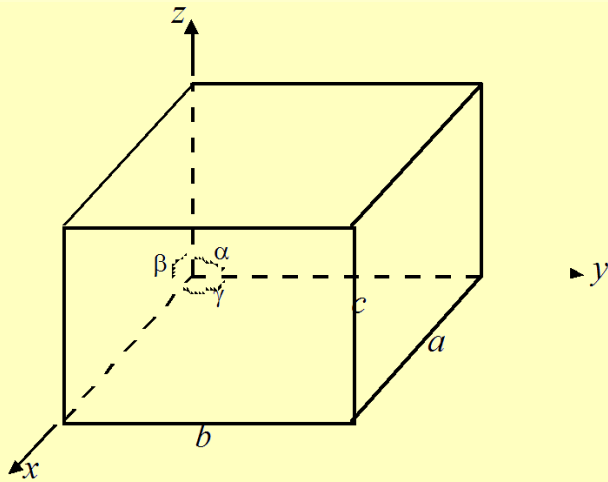
ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ



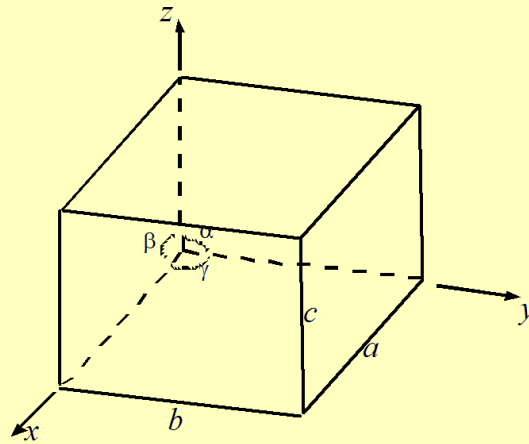
ΡΟΜΒΙΚΟ



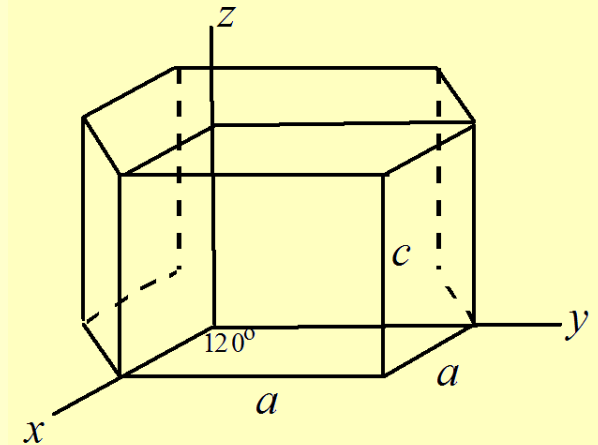
ΜΟΝΟΚΛΙΝΕΣ



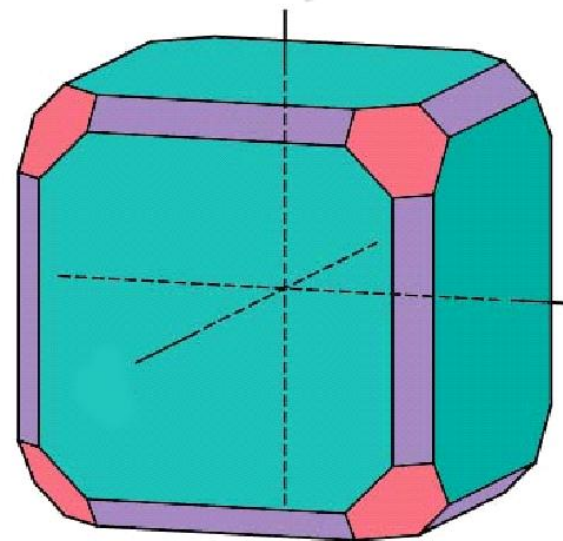
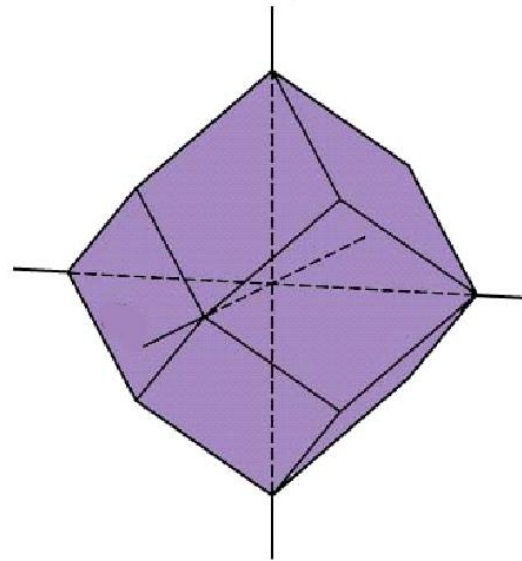
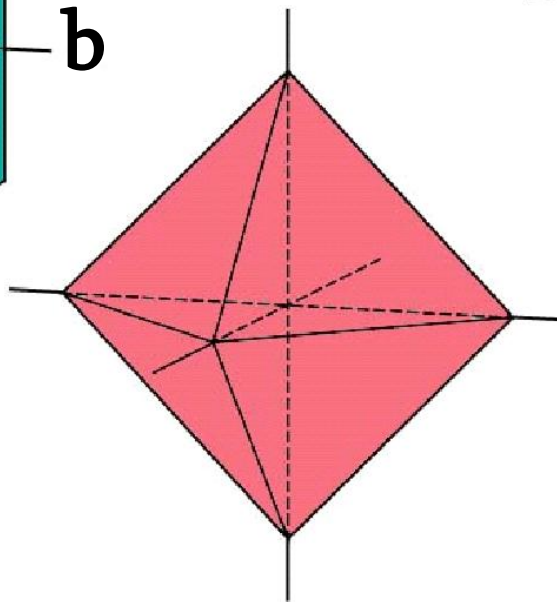
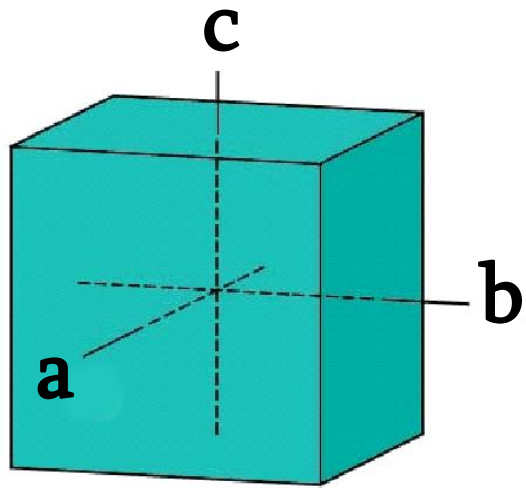
ΤΡΙΚΛΙΝΕΣ



ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ - ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ

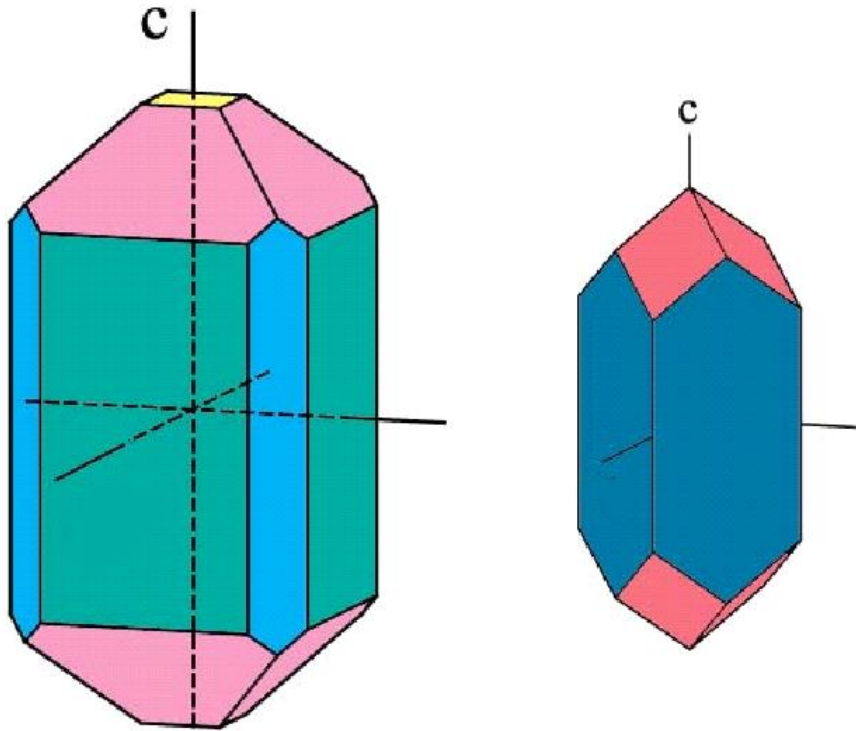


KYBIKO



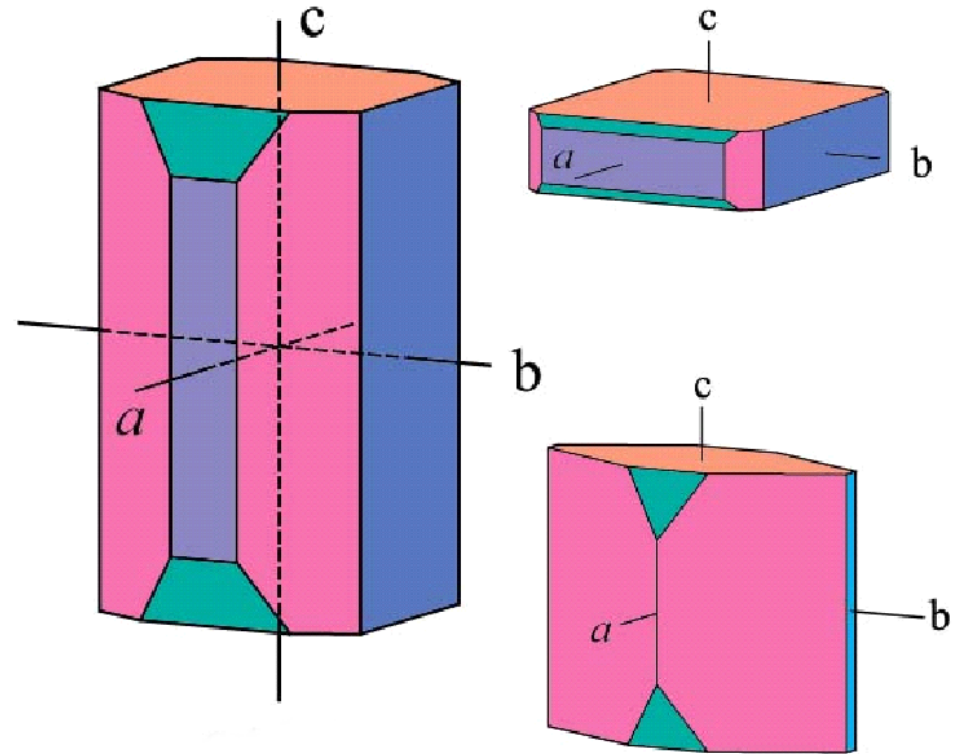
$$a=b=c$$
$$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ



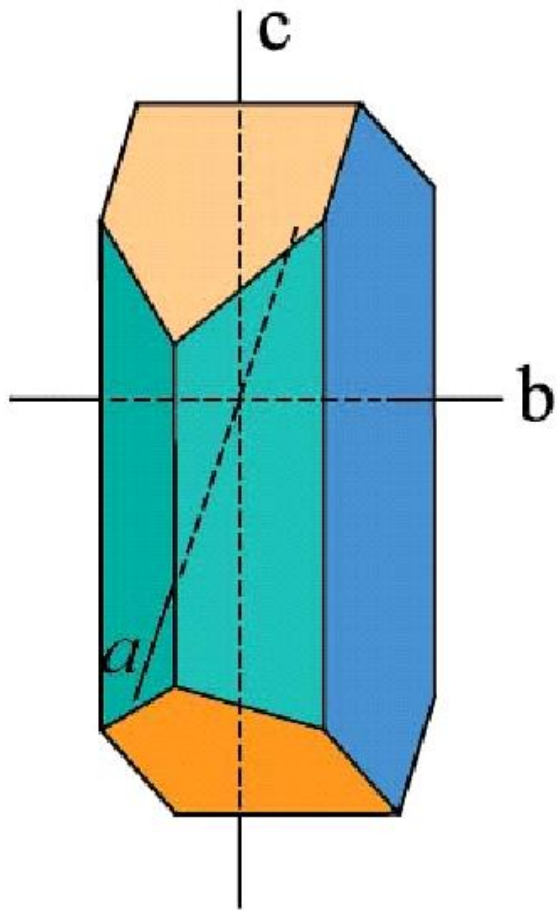
$$a=b \neq c$$
$$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

ΡΟΜΒΙΚΟ



$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

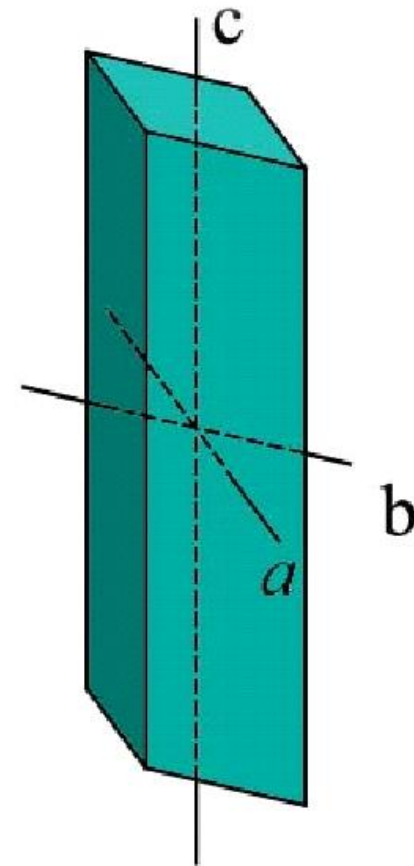
ΜΟΝΟΚΛΙΝΕΣ



$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90, \beta \neq 90$$

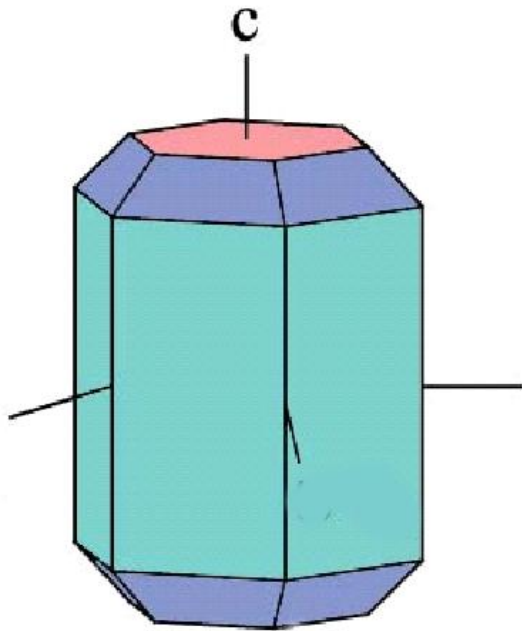
ΤΡΙΚΛΙΝΕΣ



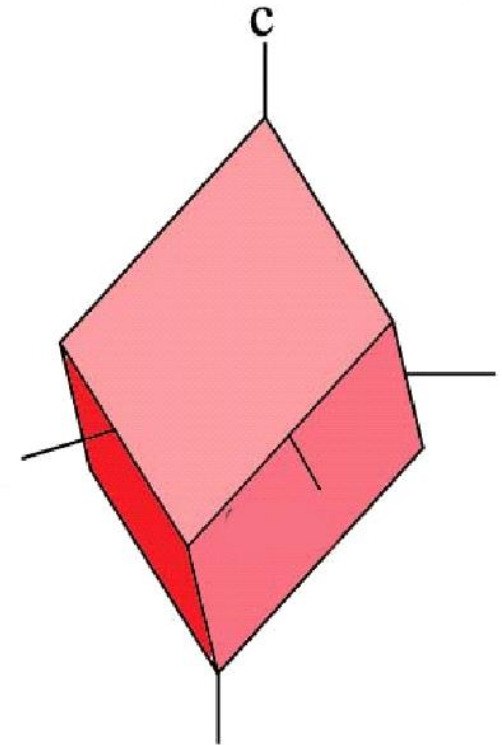
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90$$

ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ



ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ



$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

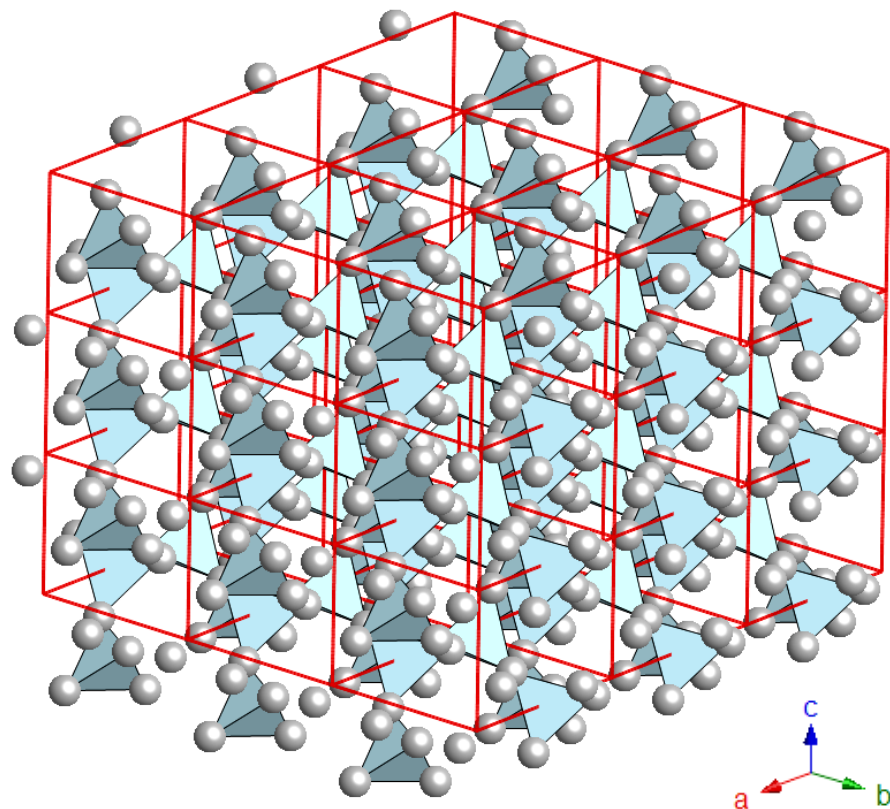
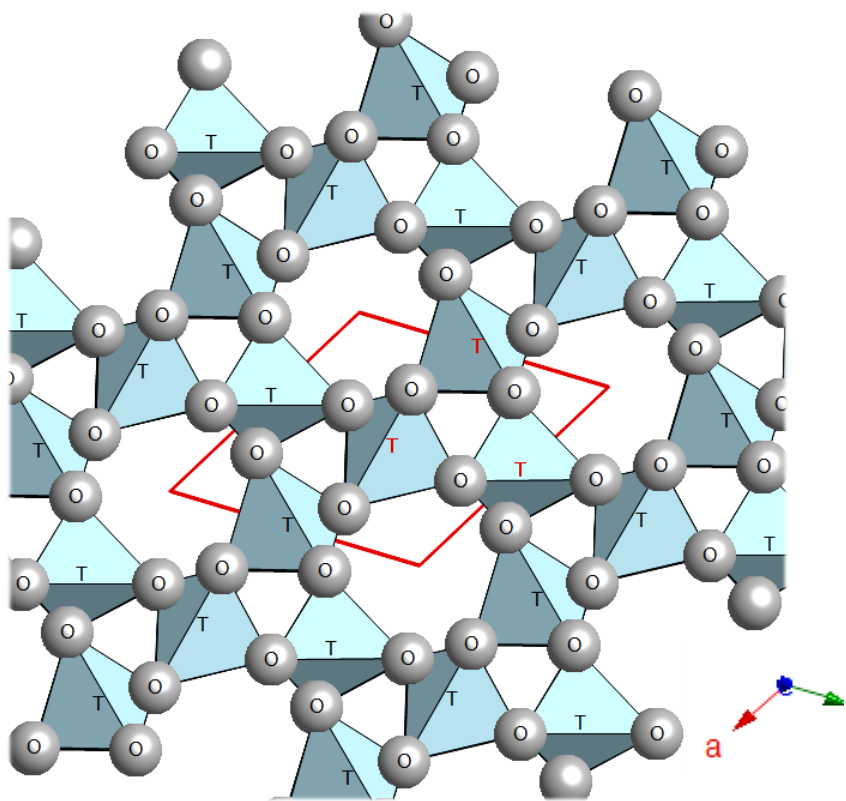
ΟΓΚΟΣ ΜΟΝΑΔΙΑΙΑΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (V_{UC})

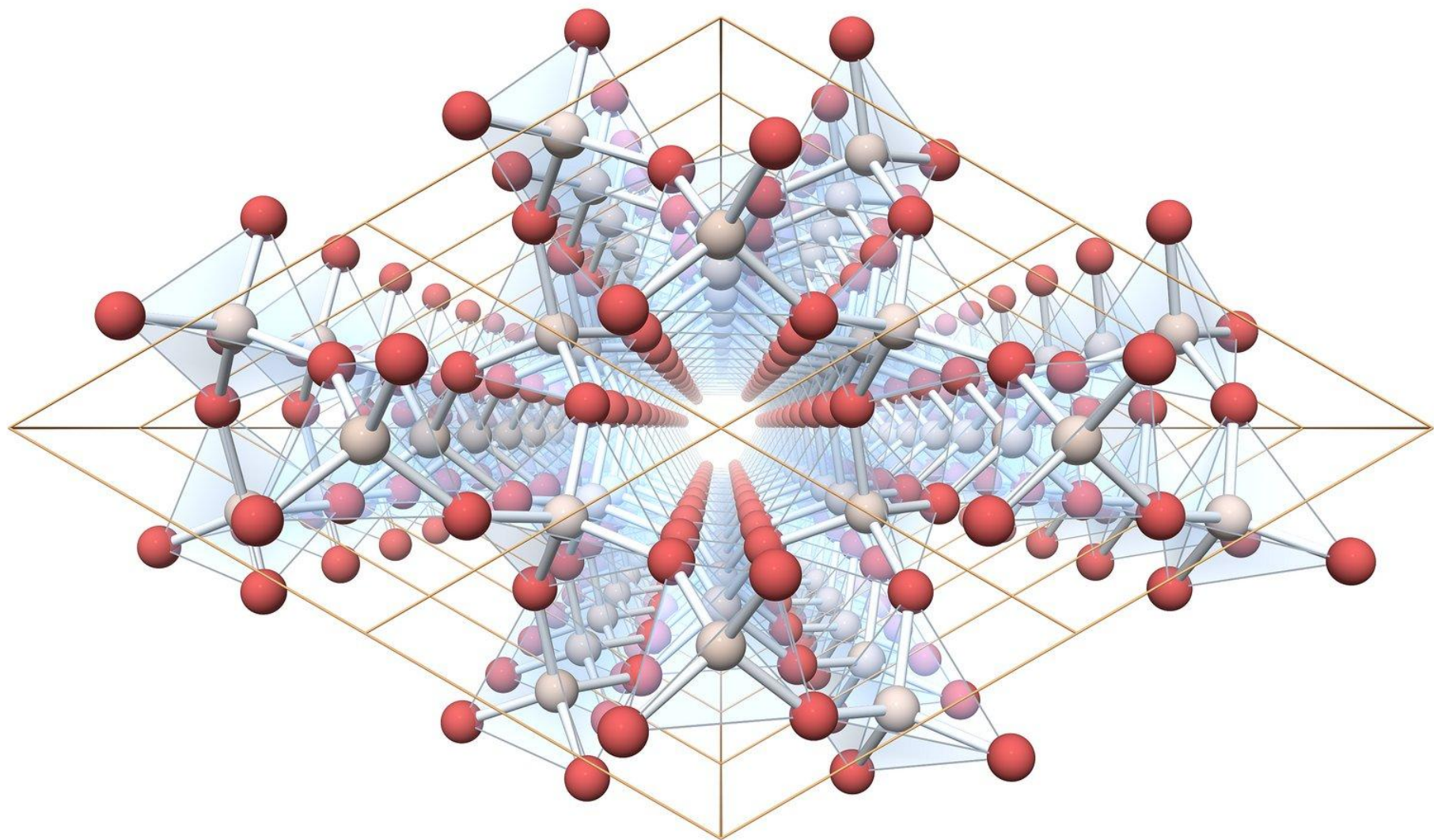
ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΟΓΚΟΣ (V_{UC}) ΜΟΝΑΔΙΑΙΑΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ ΣΕ \AA^3
ΚΥΒΙΚΟ	$V = a^3$
ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ	$V = a^2c$
ΡΟΜΒΙΚΟ	$V = abc$
ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ	$V = a^2c \sin(120^\circ)$
ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ	$V = a^2c \sin(60^\circ)$
ΜΟΝΟΚΛΙΝΕΣ	$V = abc \sin(\beta)$
ΤΡΙΚΛΙΝΕΣ	$V = abc ((1 - \cos^2 \alpha - \cos^2 \beta - \cos^2 \gamma) + 2(\cos(\alpha) \cos(\beta) \cos(\gamma)))^{1/2}$

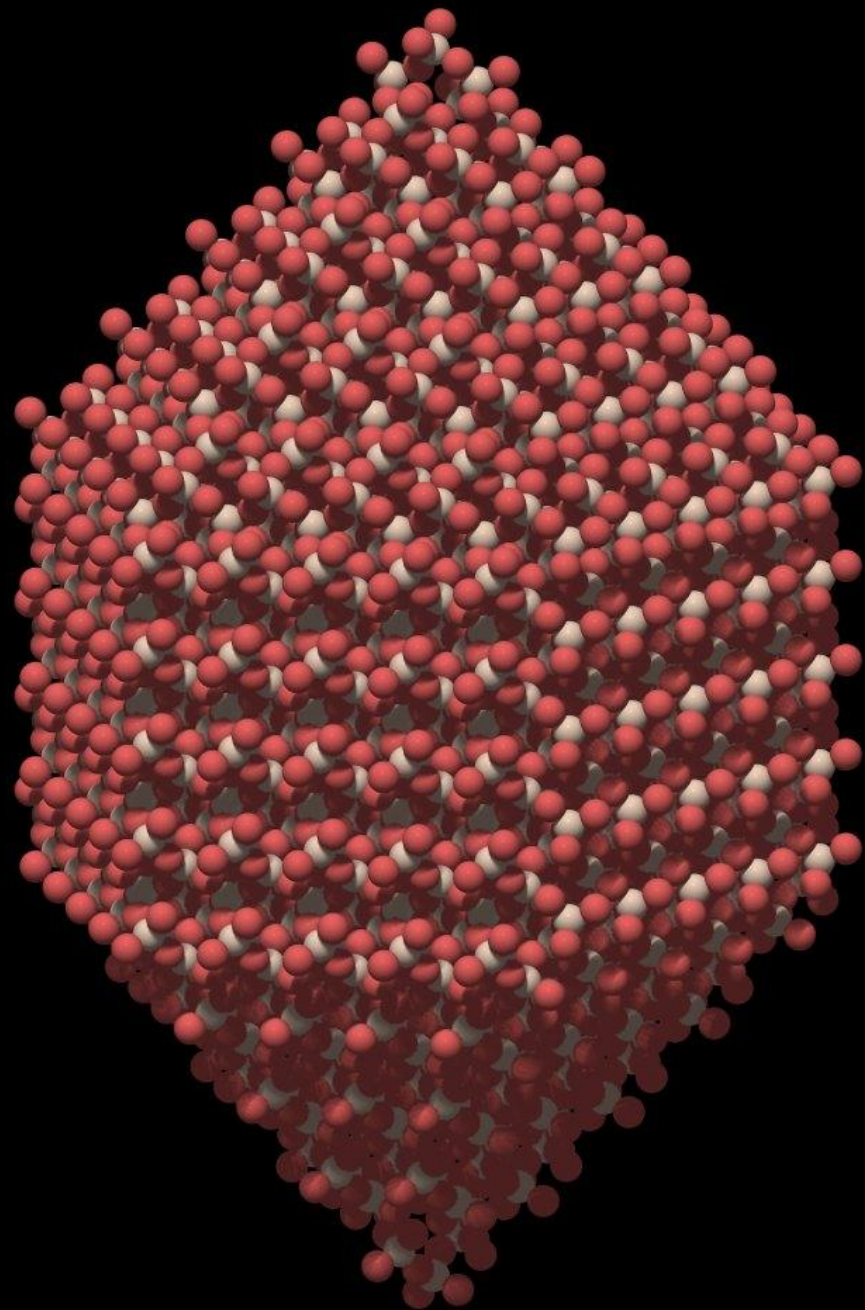
ΜΟΝΑΔΙΑΙΑ ΚΥΨΕΛΙΔΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ

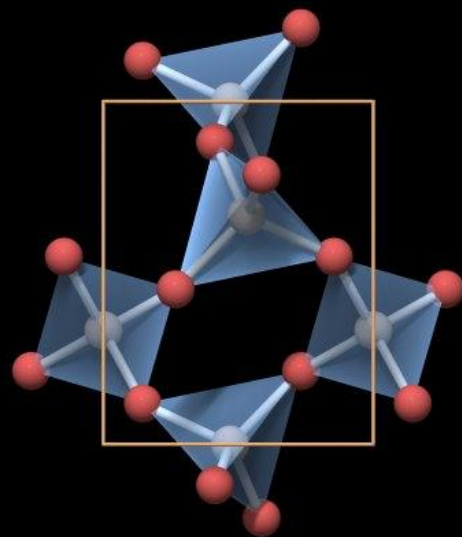
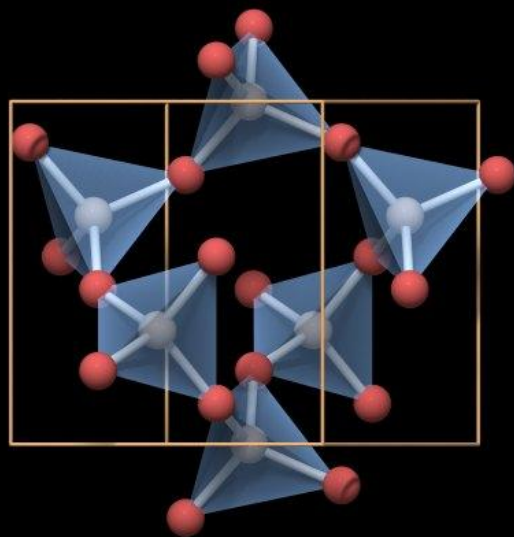
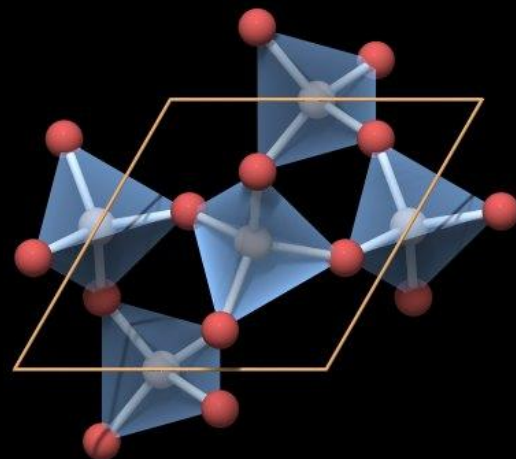
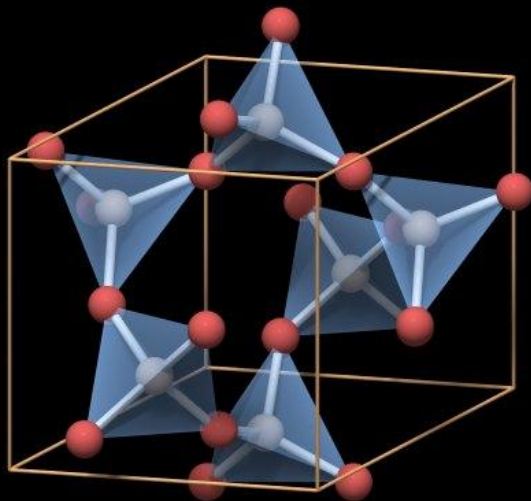
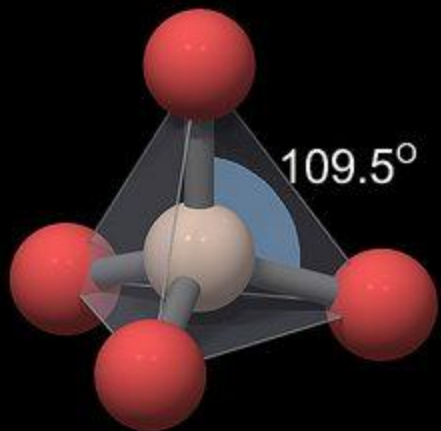
Ο χημικός τύπος του κρυσταλλικού υλικού δείχνει τα χημικά στοιχεία που συμμετέχουν στην κρυσταλλική δομή και αναφέρεται στο άθροισμα (με την προϋπόθεση ότι διατηρείται η συνολική ηλεκτρική ουδετερότητα) και στην αναλογία (**στοιχειομετρία**) των δομικών μονάδων που απαρτίζουν τη μοναδιαία κυψελίδα του πλέγματος. Έτσι π.χ. στην περίπτωση του NaCl (κυβικό σύστημα), που αντιστοιχεί στο ορυκτό Αλίτης, έχουμε 4 άτομα (ιόντα) ανά κυψελίδα δηλ. Na_2Cl_2 οπότε **η αναλογία Na:Cl είναι 1:1**. Διαιρώντας με τον κοινό συντελεστή 2 προκύπτει ο απλοποιημένος χημικός τύπος που είναι **NaCl**

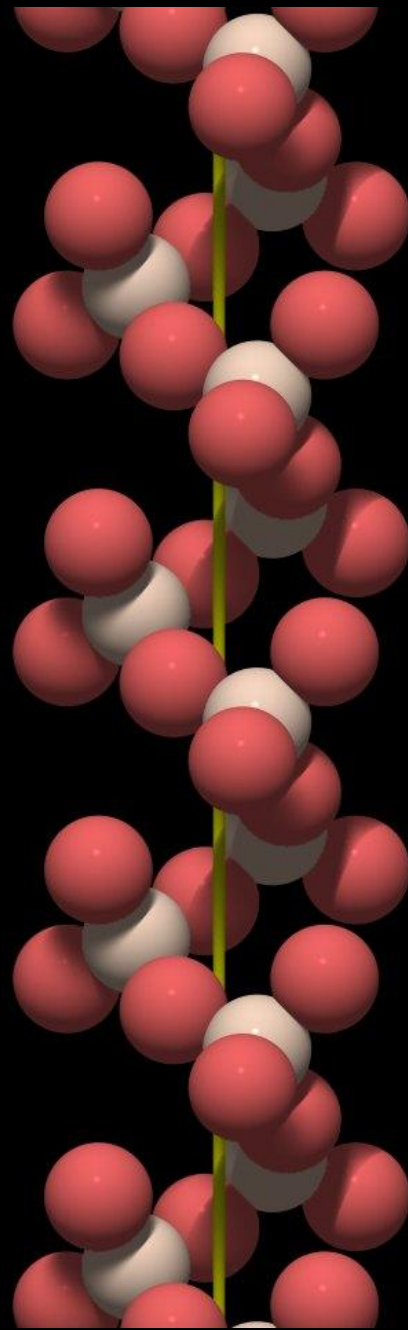
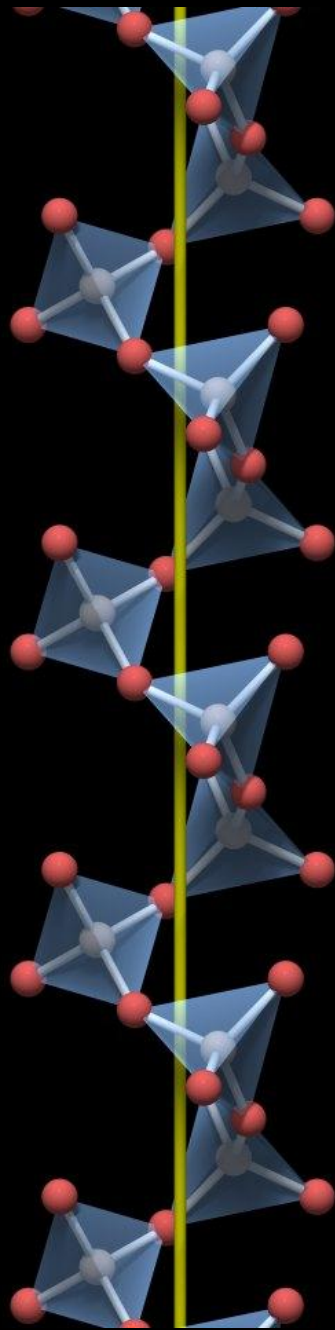
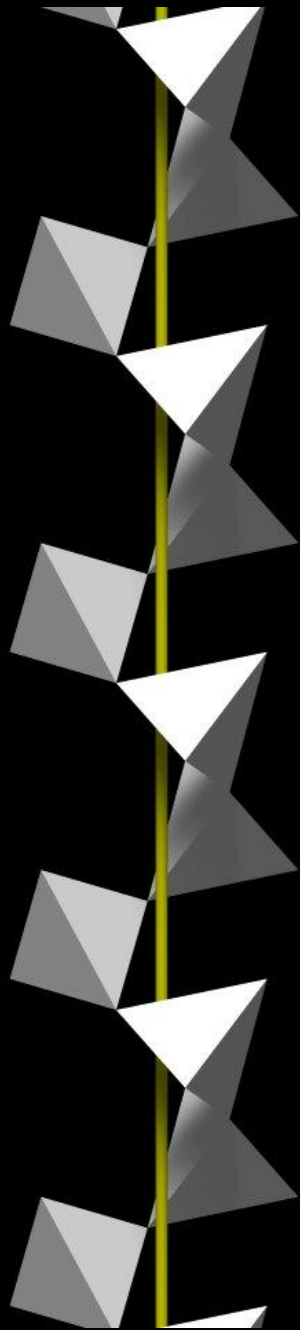
Στην περίπτωση του Χαλαζία (τριγωνικό) το περιεχόμενο της κυψελίδας είναι 3 άτομα (ιόντα) Si συν 6 άτομα (ιόντα) O. Πρόκειται για τρία πυριτικά τετράεδρα (TO_4 όπου $\text{T}=\text{Si}$ δηλ. $[\text{SiO}_4]^{4-}$) τα οποία όμως ενώνονται μεταξύ τους με 3 κοινά άτομα O που βρίσκονται στις κορυφές των τετράεδρων με αποτέλεσμα να διατηρείται η ηλεκτρική ουδετερότητα. Οπότε προκύπτει ο χημικός τύπος **Si_3O_6** ο οποίος όταν απλοποιηθεί γίνεται ο γνωστός τύπος **SiO_2**

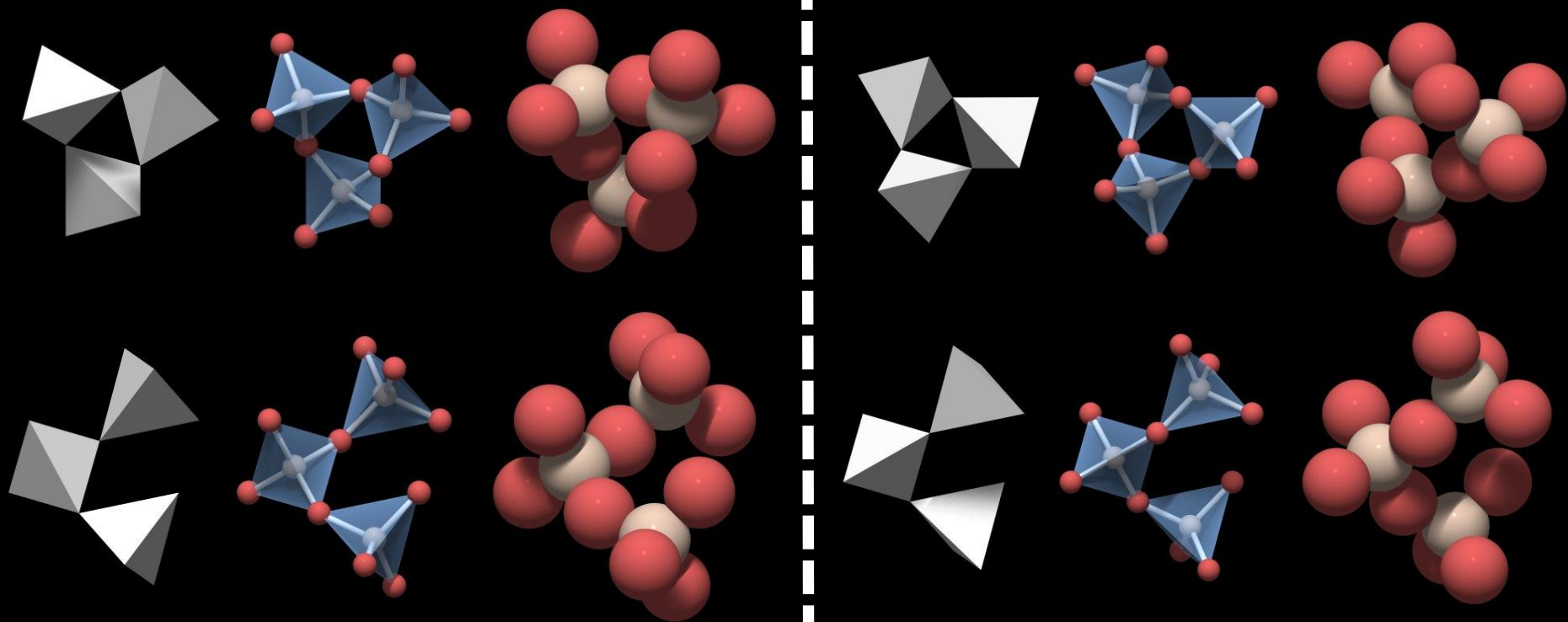












ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

$$D_{\text{CRYST}} = MW_{\text{UC}} / V_{\text{UC}} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$MW_{\text{UC}} = MW/N_A \text{ (g) όπου } N_A = 6.0221367 \cdot 10^{23}$$

$$\text{και } V_{\text{UC}} \text{ (cm}^3\text{)} = V_{\text{UC}} \text{ (\AA}^3\text{)} \cdot 10^{-24}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΤΟ ΧΑΛΑΖΙΑ

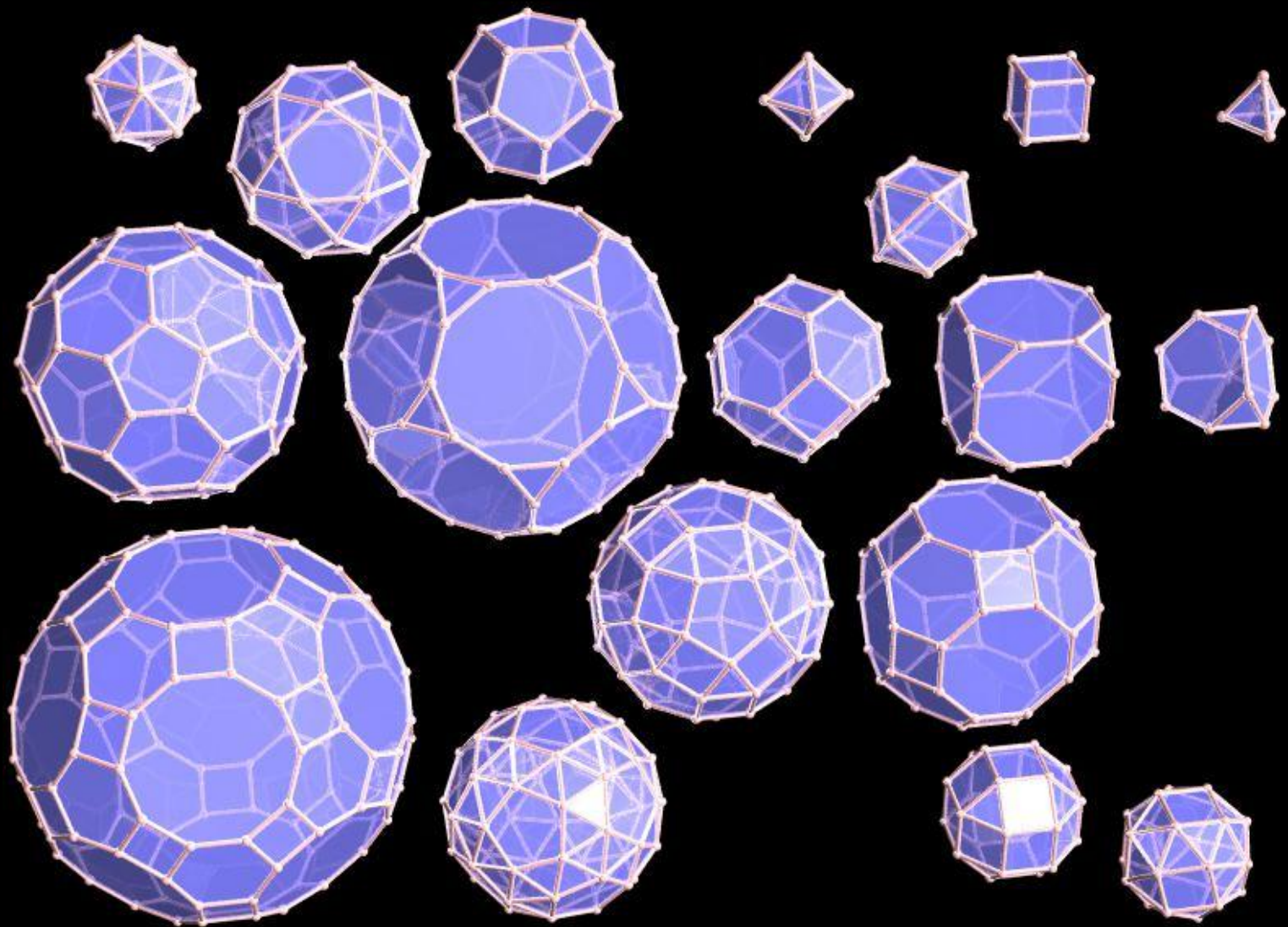
(Τριγωνικό, $a=b=4.92 \text{ \AA}$, $c=5.41 \text{ \AA}$, $\alpha=\beta=90^\circ$, $\gamma=120^\circ$)

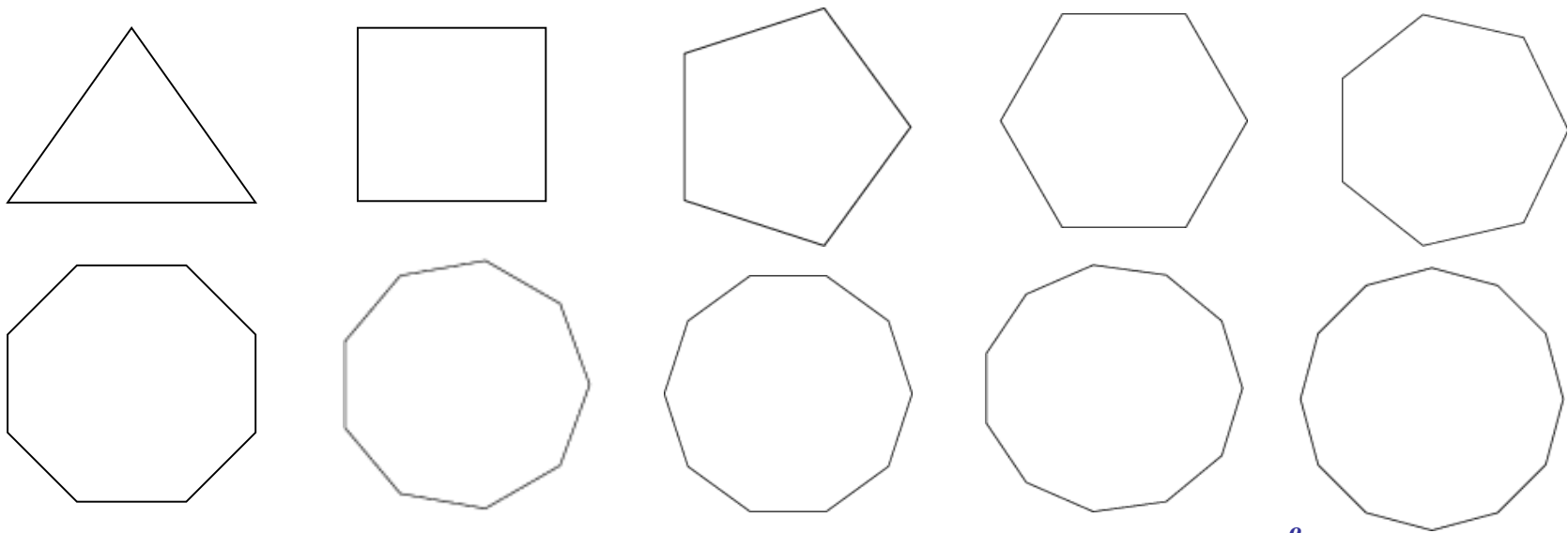
$$MW_{\text{UC}} = MW_{\text{Si}_3\text{O}_6} / N_A = 180.252 / 6.0221367 \cdot 10^{23} = 29.931 \cdot 10^{-23} = \mathbf{299.31 \cdot 10^{-24} \text{ g}}$$

$$V_{\text{UC}} = (a^2 \cdot c \cdot \text{SIN}(60 \cdot \text{ACOS}(-1)/180)) \cdot (10^{-24}) = \mathbf{113.412 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^3}$$

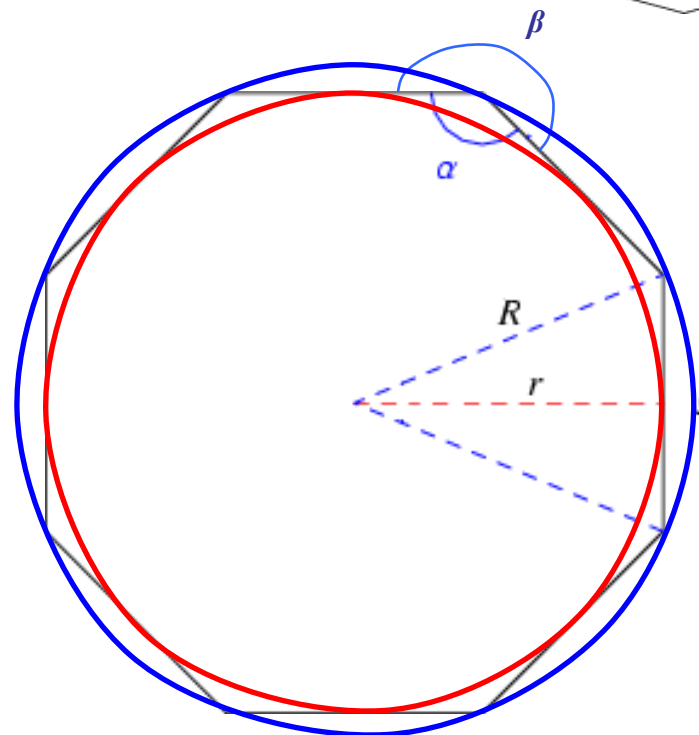
$$D_{\text{CRYST}} = MW_{\text{UC}} / V_{\text{UC}} = (299.31 \cdot 10^{-24}) / (113.412 \cdot 10^{-24}) = \mathbf{2.639 \text{ g/cm}^3}$$

ΟΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΕΙΝΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΠΟΛΥΕΔΡΑ





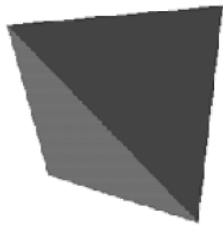
ΚΑΝΟΝΙΚΑ ΠΟΛΥΓΩΝΑ



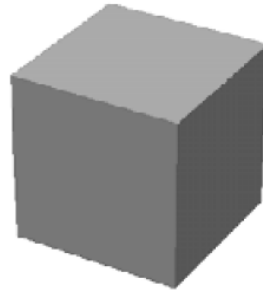
$\{n\}$	α	β	r	R	A
{3}	$\frac{1}{3}\pi = 60^\circ$	$\frac{2}{3}\pi = 120^\circ$	$\frac{1}{6}\sqrt{3}$	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	$\frac{1}{4}\sqrt{3}$
{4}	$\frac{1}{2}\pi = 90^\circ$	$\frac{1}{2}\pi = 90^\circ$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	1
{5}	$\frac{3}{5}\pi = 108^\circ$	$\frac{2}{5}\pi = 72^\circ$	$\frac{1}{10}\sqrt{25 + 10\sqrt{5}}$	$\frac{1}{10}\sqrt{50 + 10\sqrt{5}}$	$\frac{1}{4}\sqrt{25 + 10\sqrt{5}}$
{6}	$\frac{2}{3}\pi = 120^\circ$	$\frac{1}{3}\pi = 60^\circ$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	1	$\frac{3}{2}\sqrt{3}$
{7}	$\frac{5}{7}\pi = \frac{900^\circ}{7}$	$\frac{2}{7}\pi = \frac{360^\circ}{7}$	$\frac{1}{2}\cot(\frac{1}{7}\pi)$	$\frac{1}{2}\csc(\frac{1}{7}\pi)$	$\frac{7}{4}\cot(\frac{1}{7}\pi)$
{8}	$\frac{3}{4}\pi = 135^\circ$	$\frac{1}{4}\pi = 45^\circ$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{2})$	$\frac{1}{2}\sqrt{4 + 2\sqrt{2}}$	$2(1 + \sqrt{2})$
{9}	$\frac{7}{9}\pi = 140^\circ$	$\frac{2}{9}\pi = 40^\circ$	$\frac{1}{2}\cot(\frac{1}{9}\pi)$	$\frac{1}{2}\csc(\frac{1}{9}\pi)$	$\frac{9}{4}\cot(\frac{1}{9}\pi)$
{10}	$\frac{4}{5}\pi = 144^\circ$	$\frac{1}{5}\pi = 36^\circ$	$\frac{1}{2}\sqrt{5 + 2\sqrt{5}}$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$\frac{5}{2}\sqrt{5 + 2\sqrt{5}}$
{11}	$\frac{9}{11}\pi = \frac{1620^\circ}{11}$	$\frac{2}{11}\pi = \frac{360^\circ}{11}$	$\frac{1}{2}\cot(\frac{1}{11}\pi)$	$\frac{1}{2}\csc(\frac{1}{11}\pi)$	$\frac{11}{4}\cot(\frac{1}{11}\pi)$
{12}	$\frac{5}{6}\pi = 150^\circ$	$\frac{1}{6}\pi = 30^\circ$	$\frac{1}{2}(2 + \sqrt{3})$	$\frac{1}{2}(\sqrt{2} + \sqrt{6})$	$3(2 + \sqrt{3})$

5 ΠΛΑΤΩΝΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ

ΚΑΝΟΝΙΚΑ ΠΟΛΥΕΔΡΑ (ΚΥΡΤΑ)



Surface area: $\sqrt{3}s^2$
Volume: $\sqrt{2}s^3 / 12$



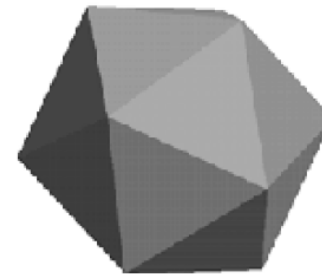
Surface area: $6s^2$
Volume: s^3



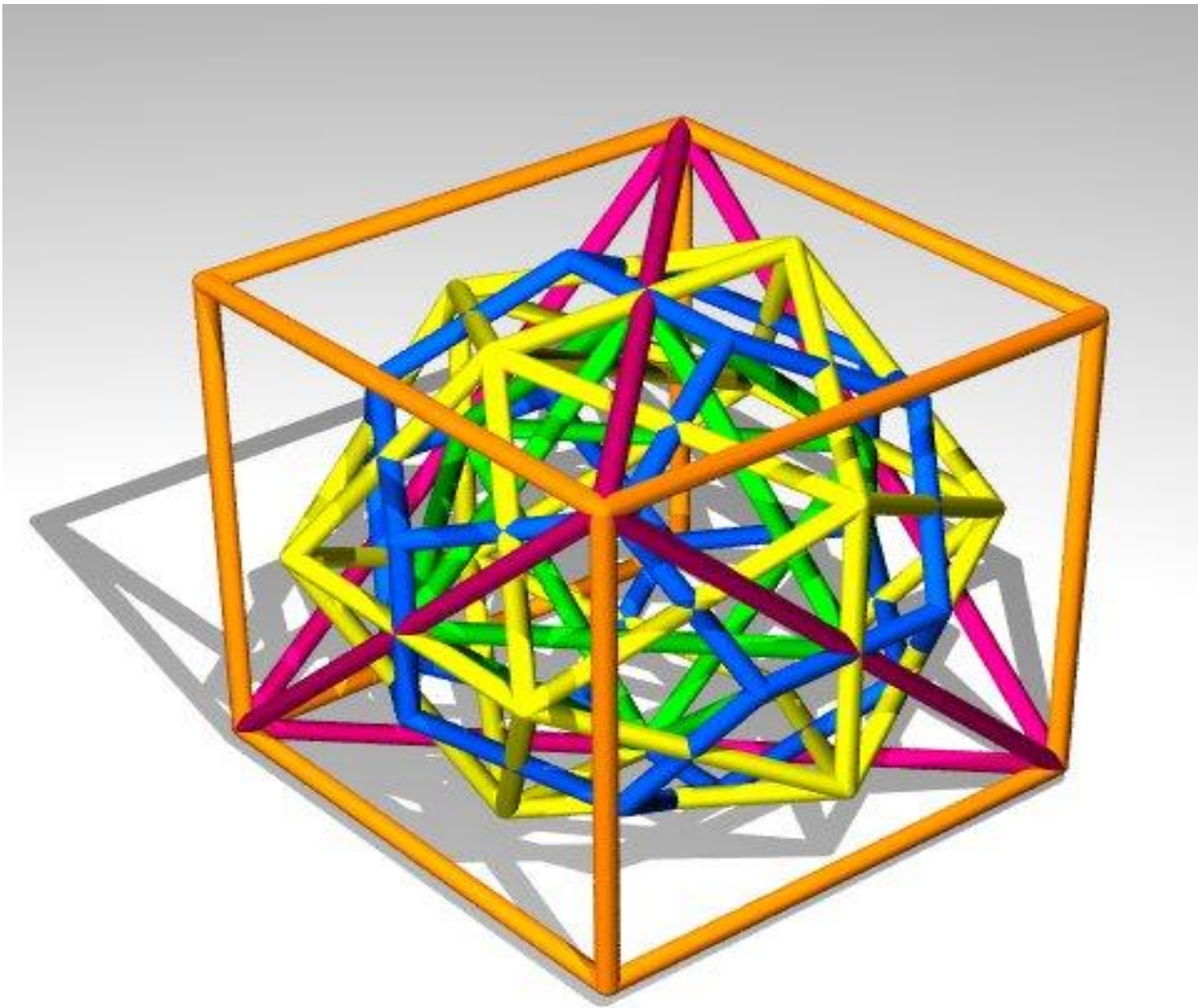
Surface area: $2\sqrt{3}s^2$
Volume: $\sqrt{2}s^3 / 3$



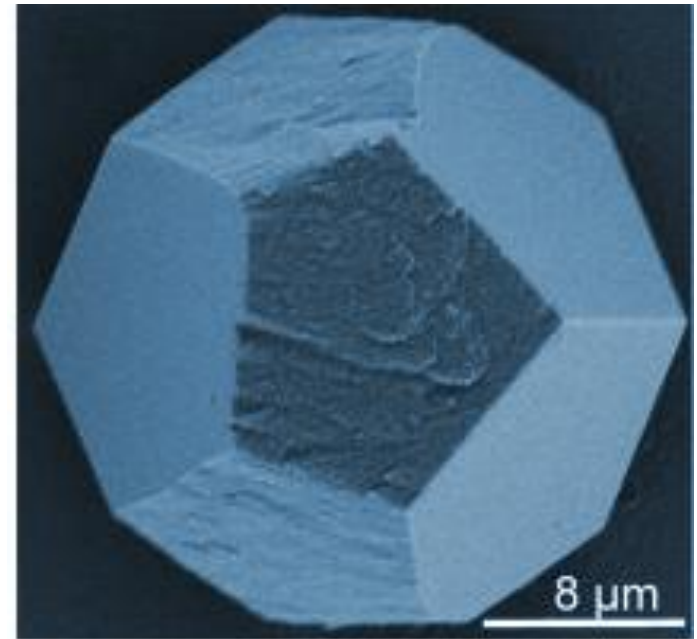
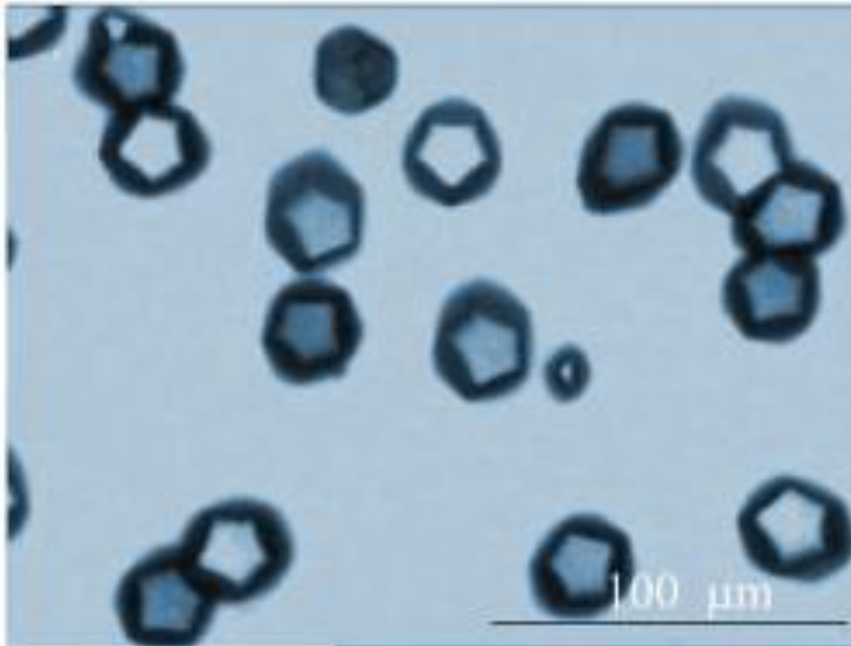
Surface area: $3\sqrt{25 + 10\sqrt{5}}s^2$
Volume: $\sqrt{15 + 7\sqrt{5}}s^3 / 4$



Surface area: $5\sqrt{3}s^2$
Volume: $5\sqrt{3 + \sqrt{5}}s^3 / 12$

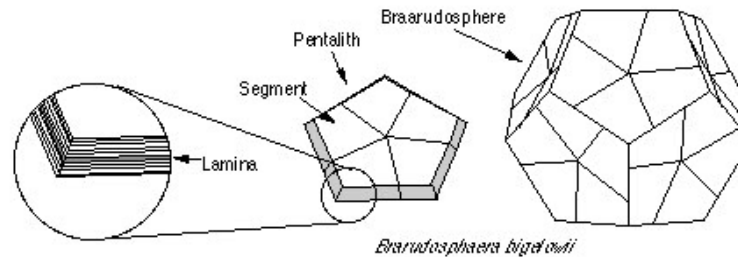
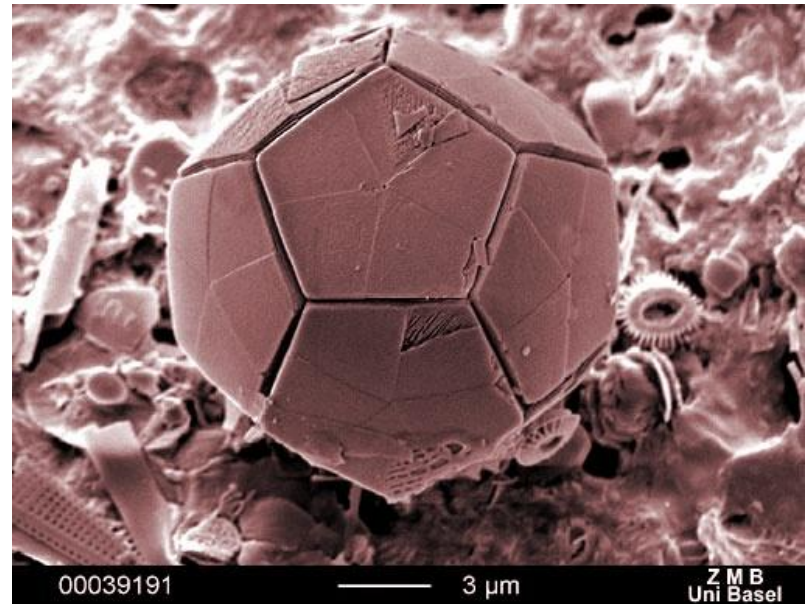
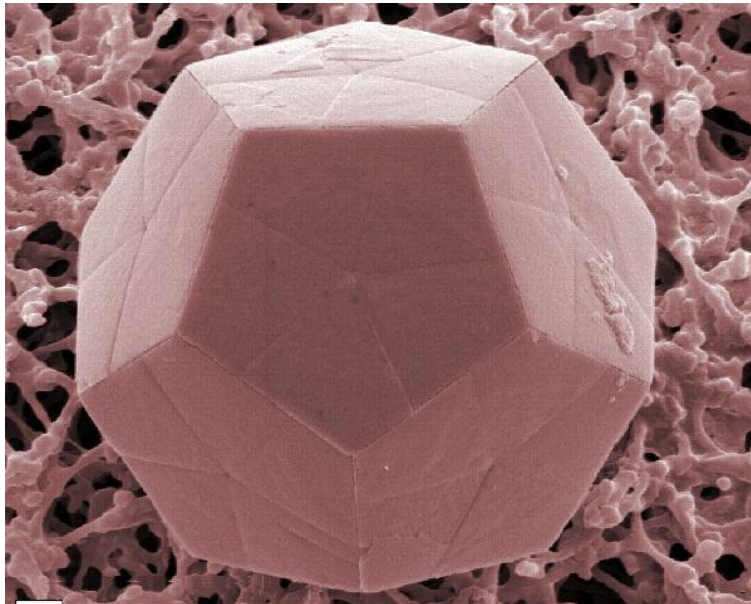


ΠΛΑΤΩΝΙΚΕΣ ΠΟΛΥΕΔΡΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΣΕ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ



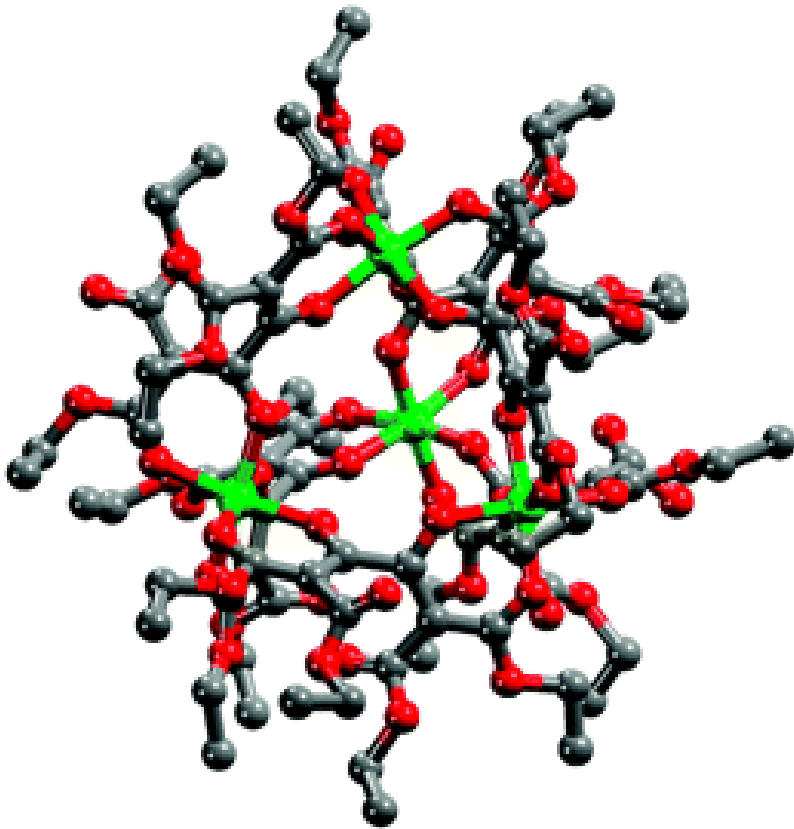
**Σχηματισμός μικροκρυστάλλων ασβεστίτη (CaCO_3)
παρουσία πολυμερούς (PSS-co-MA)**

ΠΛΑΤΩΝΙΚΕΣ ΠΟΛΥΕΔΡΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΣΕ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ



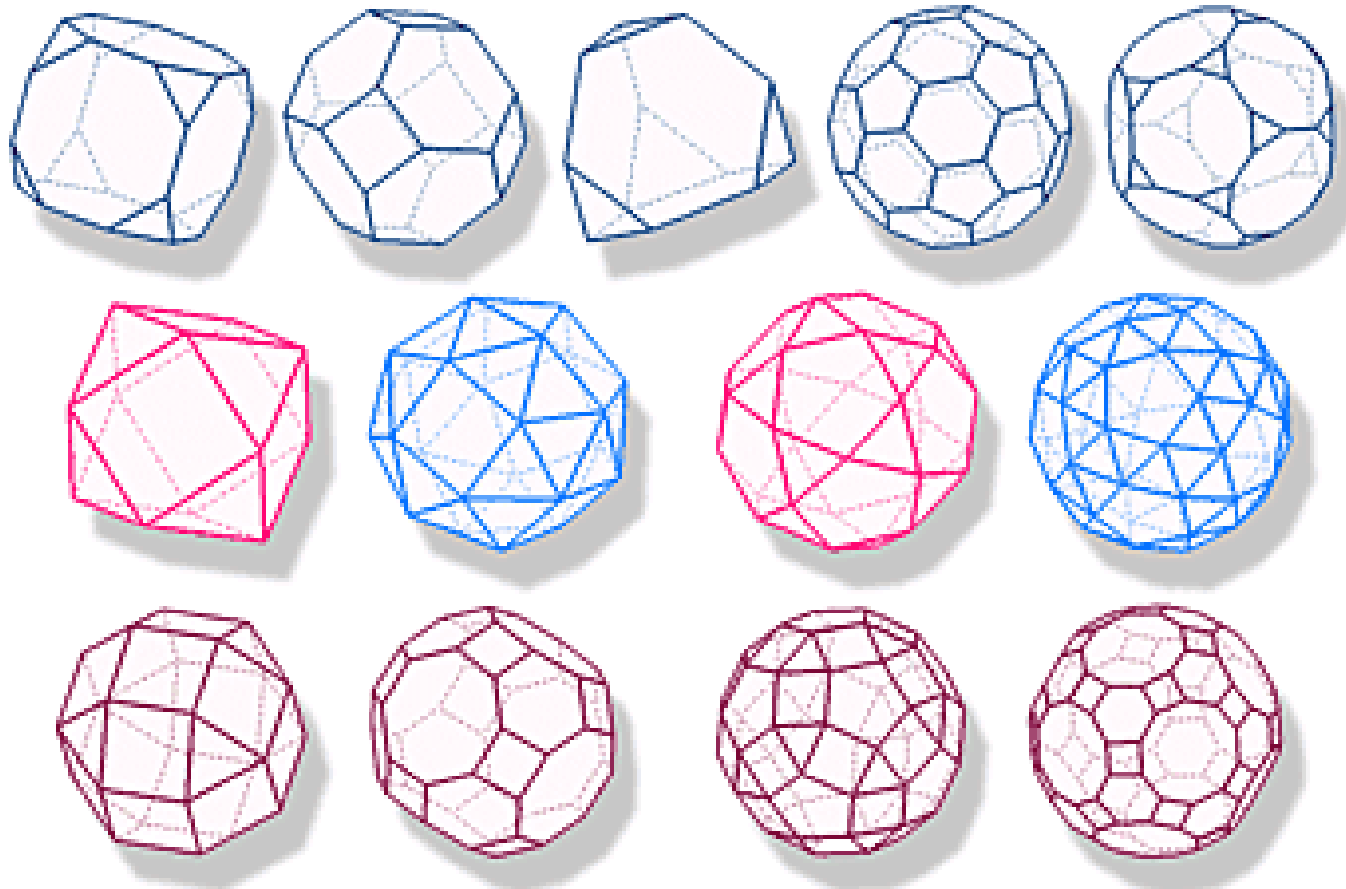
Braarudosphaera bigelowii

ΠΛΑΤΩΝΙΚΕΣ ΠΟΛΥΕΔΡΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΣΕ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑ

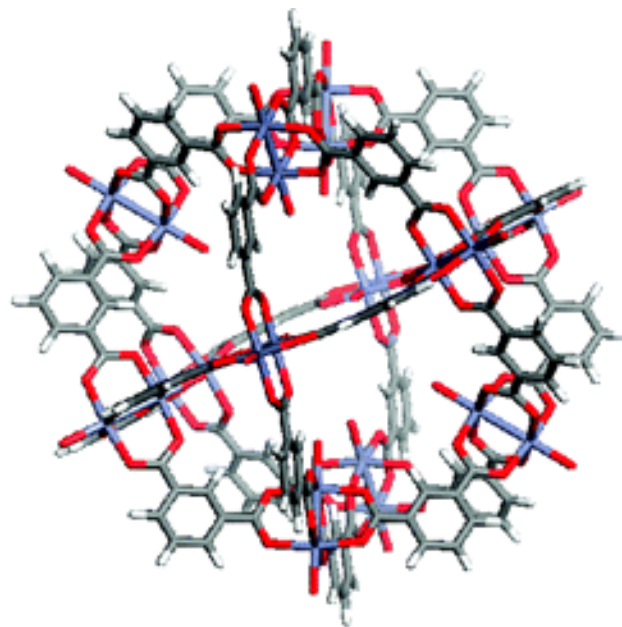
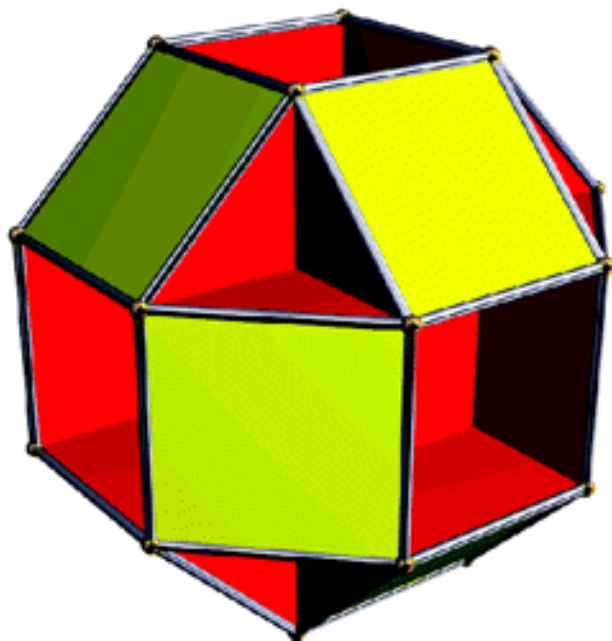


Κανονικό τετράεδρο
σχηματιζόμενο από
ομάδες Μηλονικού Mg

13 ΑΡΧΙΜΗΔΕΙΑ ΣΤΕΡΕΑ / ΠΟΛΥΕΔΡΑ

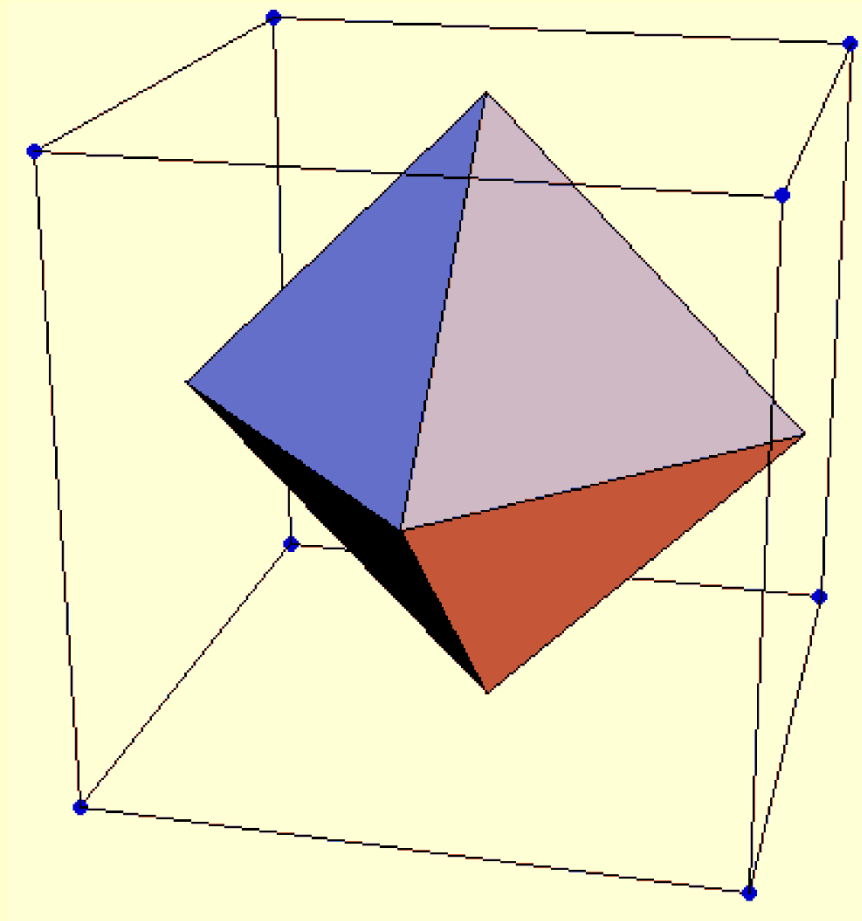


ΑΡΧΙΜΗΔΕΙΕΣ ΠΟΛΥΕΔΡΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΣΕ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑ



$$\text{ΕΔΡΕΣ} + \text{ΚΟΡΥΦΕΣ} = \text{ΑΚΜΕΣ} + 2$$

(**F**aces + **V**ertices = **E**dges + **2**)



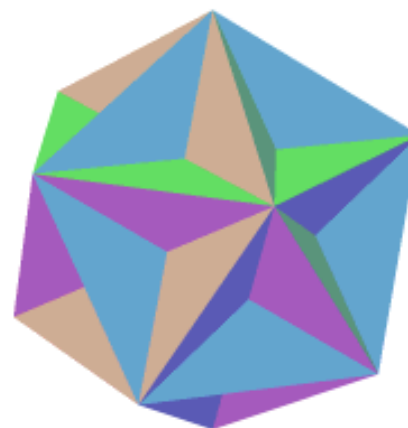
$$F + V = E + 2$$

ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ ΣΤΑ ΕΞΗΣ ΠΟΛΥΕΔΡΑ:



$\{5/2, 5\}^*$

ΜΙΚΡΟ ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΕΣ
“ΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ”



$\{5, 5/2\}^*$

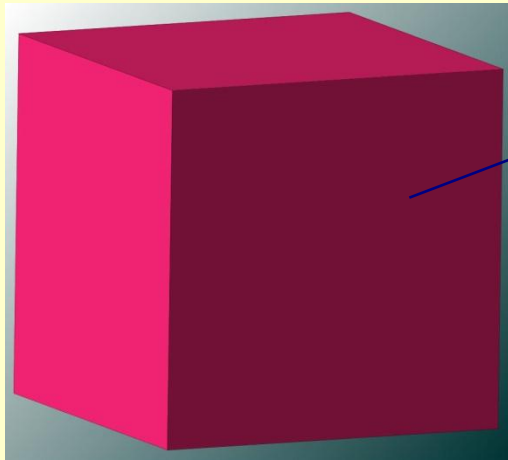
ΜΕΓΑΛΟ
“ΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ”

KEPLER – POINSON
ΚΑΝΟΝΙΚΑ ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΗ ΠΟΛΥΕΔΡΑ (ΚΟΙΛΑ)

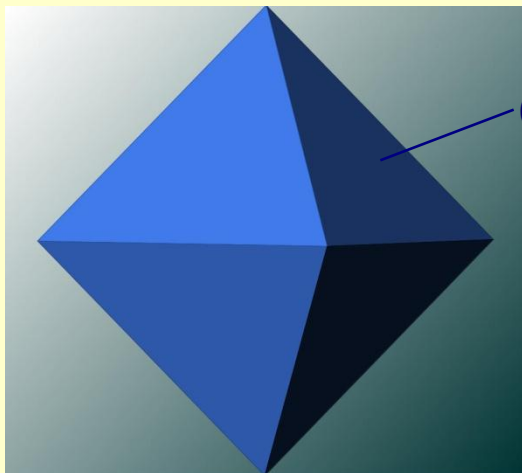
* Σύμβολα Schläfli

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

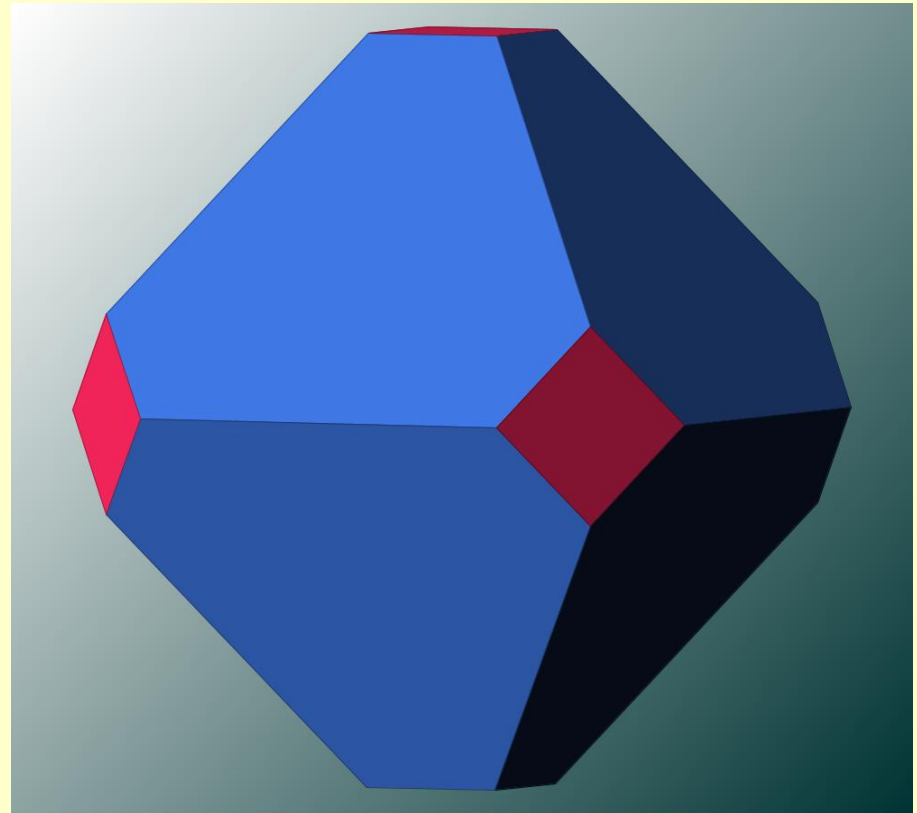
ΜΟΡΦΗ ή ΟΨΗ (ΣΧΗΜΑ)-*Habitus* & ΠΕΡΙΒΟΛΗ-*Tracht*



Εξάεδρο

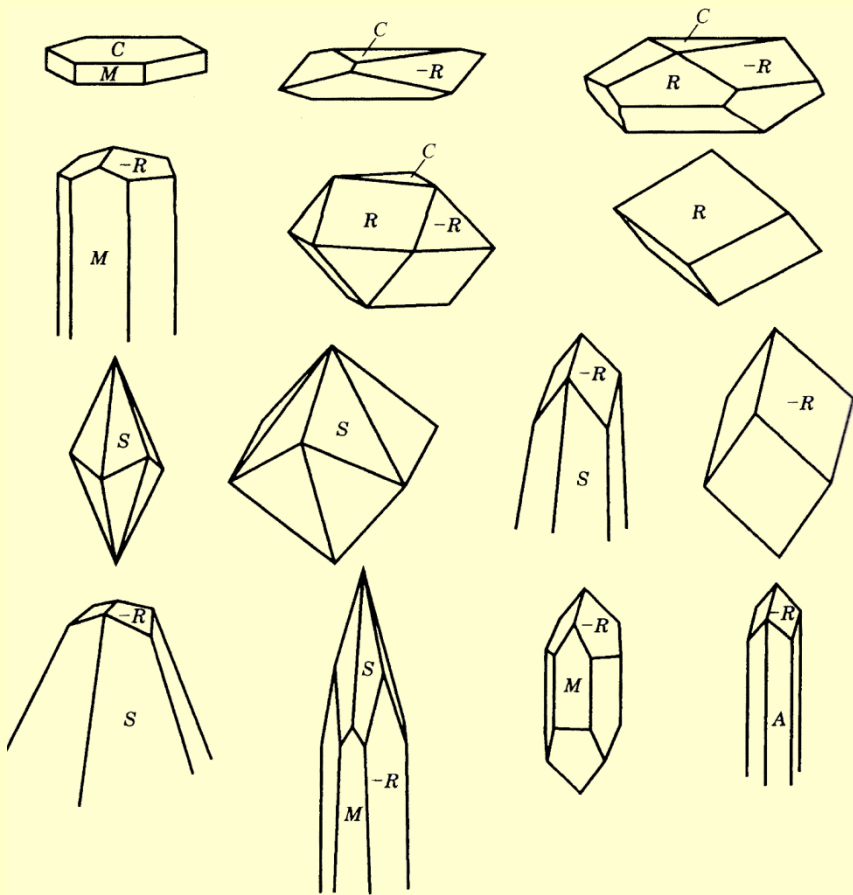


Οκτάεδρο

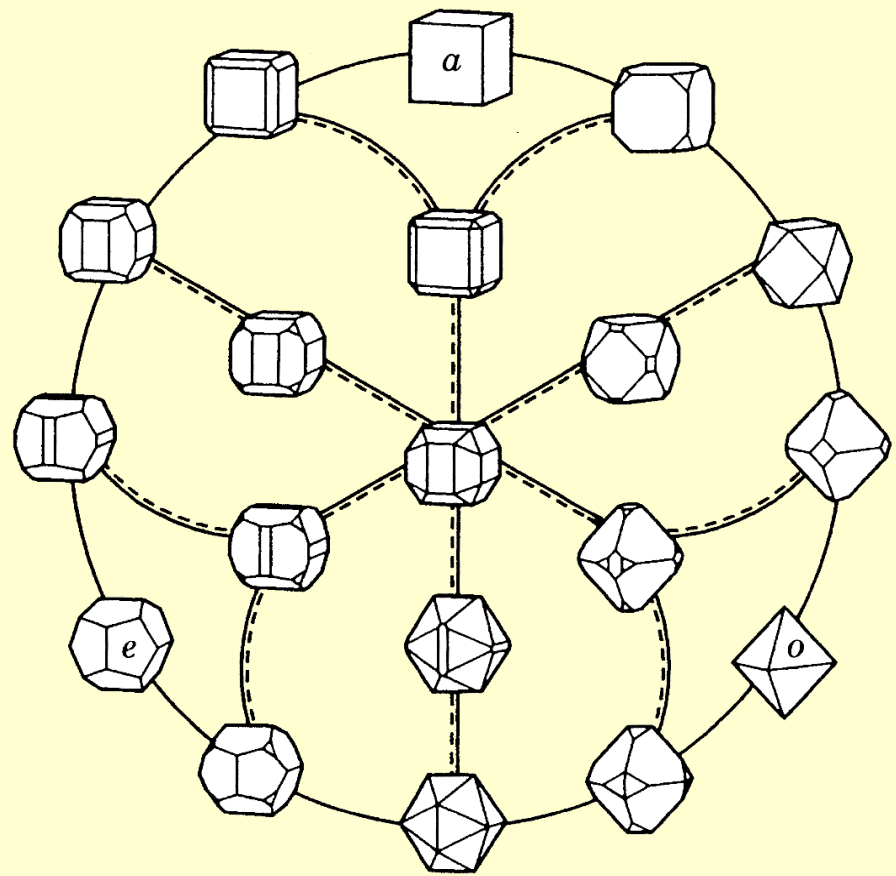


ΠΕΡΙΒΟΛΗ-*Tracht* : ΟΚΤΑΕΔΡΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΕΔΡΟΥ
ΜΟΡΦΗ (ΣΧΗΜΑ)-*Habitus* : ΟΚΤΑΕΔΡΟΥ

Διαφορετική ΜΟΡΦΗ Κρυστάλλων Ασβεστίτη (CaCO_3)

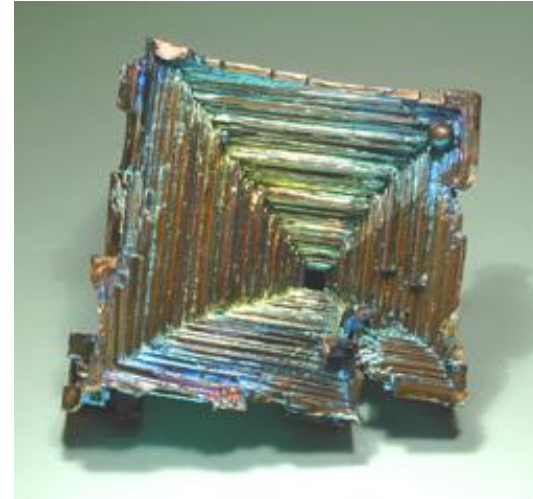


Μεταβολή της ΠΕΡΙΒΟΛΗΣ Κρυστάλλων Σιδηροπυρίτη (FeS_2)

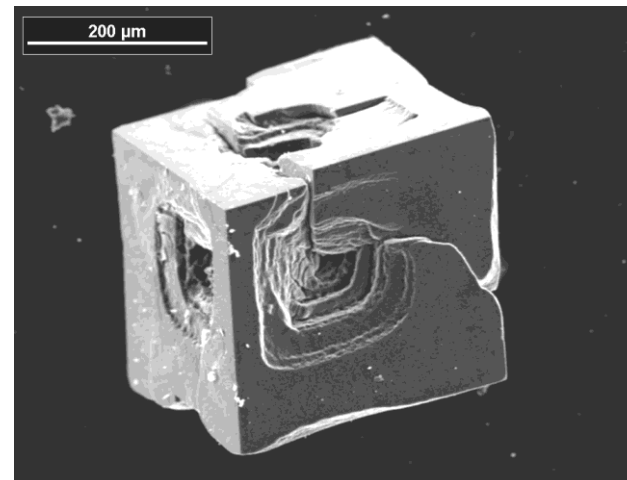


ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ ΜΕ ΧΟΑΝΩΔΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ (Hopper Crystals)

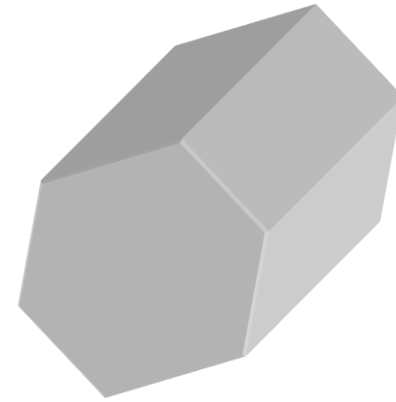
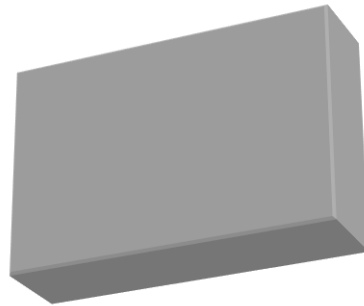
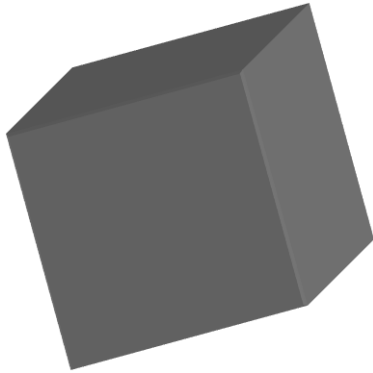
Κρύσταλλοι φυσικού ΑΛΙΤΗ (NaCl) και συνθετικού ΒΙΣΜΟΥΘΙΟΥ (Bi)



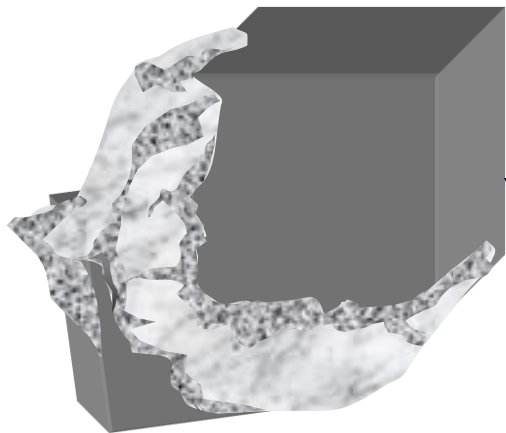
**Μικροκρύσταλλος
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ (CaCO_3)
που αναπτύχθηκε
πειραματικά μέσα σε
πόρους πηκτής
πυριτίας (silica gel)**



Κρύσταλλοι ορυκτών σε πετρώματα



ΙΔΙΟΜΟΡΦΟΙ
κρύσταλλοι

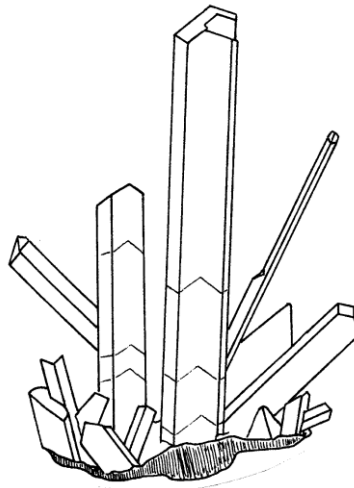
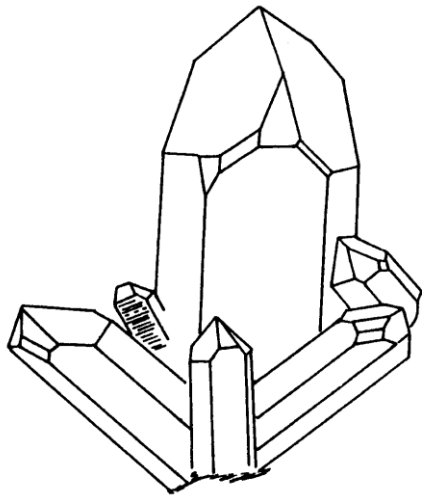
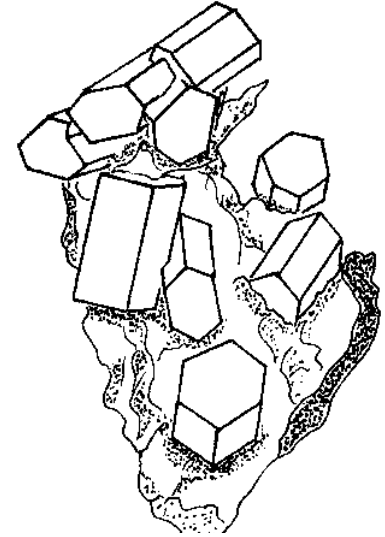
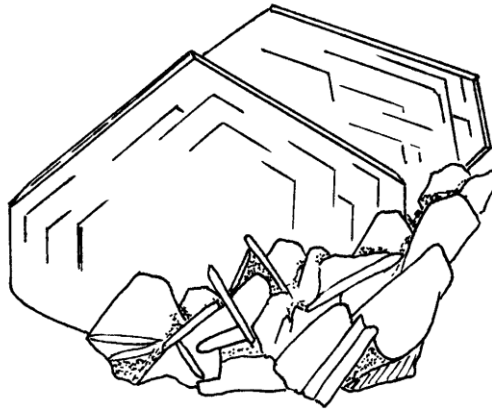
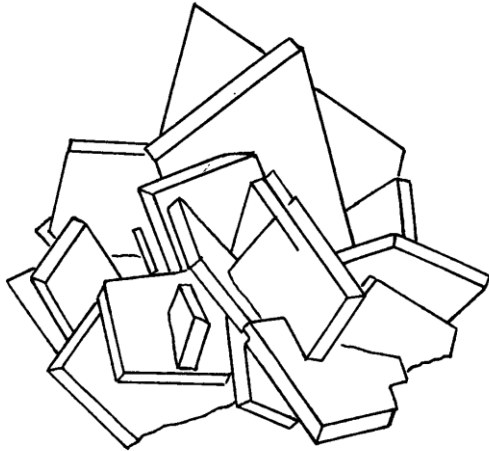


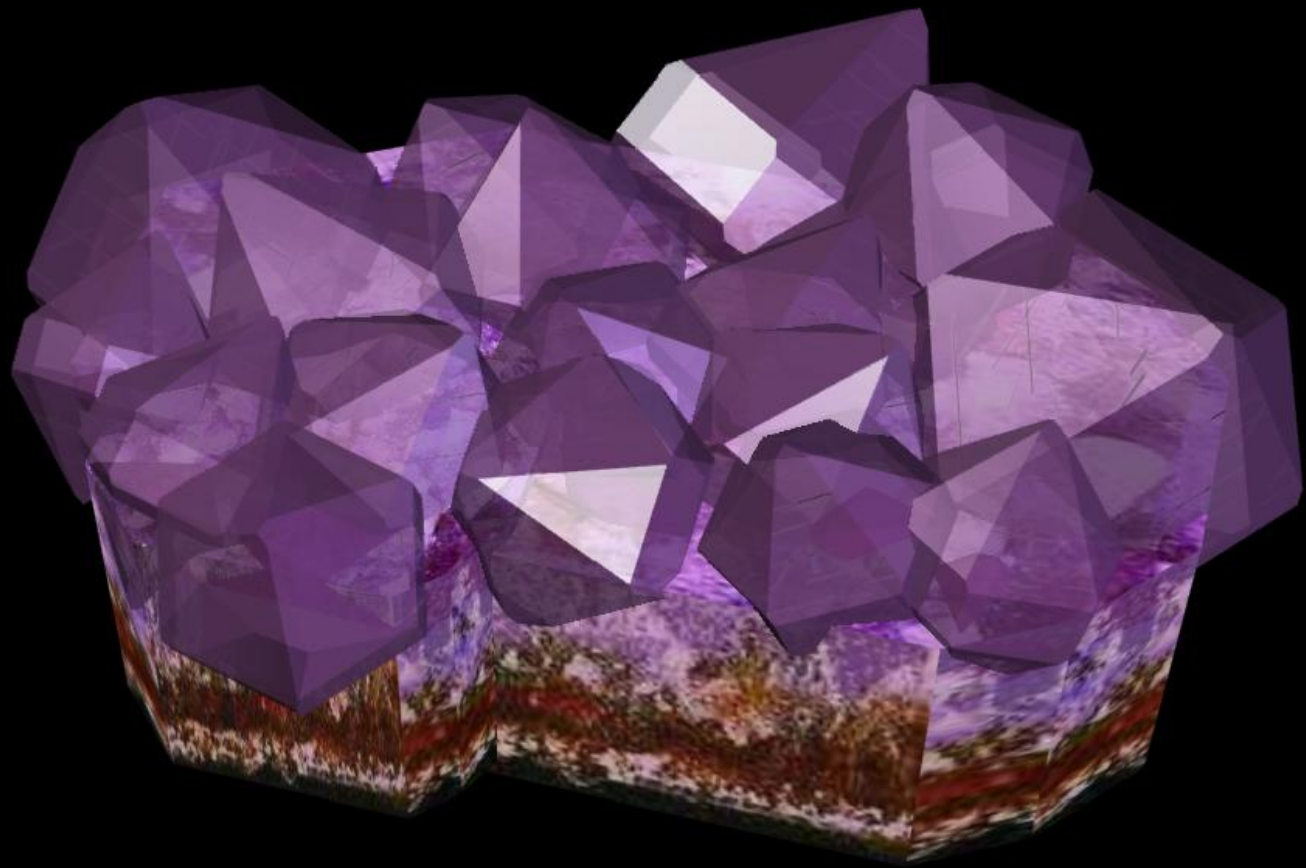
ΥΠΙΔΙΟΜΟΡΦΟΙ
κρύσταλλοι



ΑΛΛΟΤΡΙΟΜΟΡΦΟΙ
κρύσταλλοι

Συσσωματώματα κρυστάλλων ορυκτών





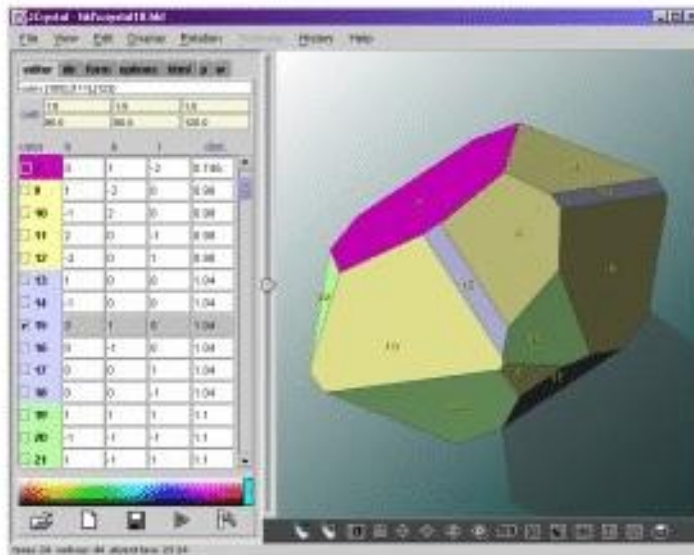
ΧΑΡΤΙΝΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ



ΞΥΛΙΝΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ



JCrystal



JCrystal is a Java application for creating, editing, displaying and deploying crystal shapes.

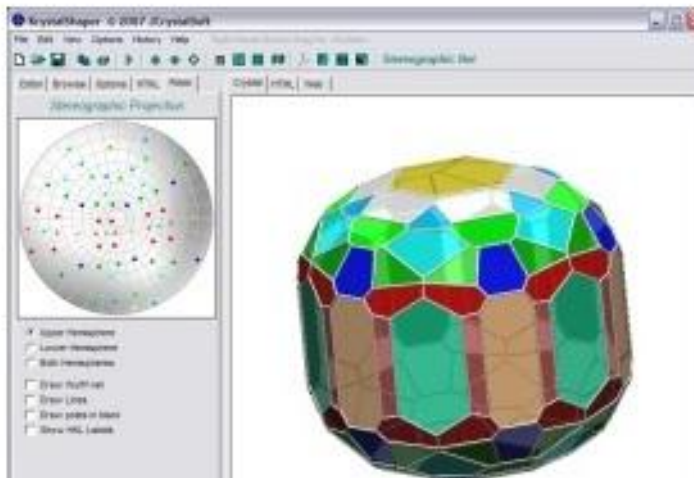
Note: exported Java applets are no longer supported by latest web browsers

[More ...](#)

[Download](#)

FREE

KrystalShaper



KrystalShaper is a Windows application for creating, editing, displaying and deploying crystal shapes.

Note: exported Java applets are no longer supported by latest web browsers

[More ...](#)

[Download](#)

FREE

JCrystal

JCrystal - hkl\Quartz_2.jcr

File View Edit Display Rotation Options History Help

Editor Dir Form Options Html P W

Quartz

cell	4.913	4.913	5.4045
	90.0	90.0	120.0

color	h	k	l	dist.
1	1	0	1	1
2	0	1	-1	1
3	0	-1	1	1
4	1	-1	-1	1
5	-1	1	1	1
6	-1	0	-1	1
7	1	0	0	0.7
8	0	1	0	0.7
9	0	-1	0	0.7
10	1	-1	0	0.7
11	-1	1	0	0.7
12	-1	0	0	0.7
13	0	1	1	1.1
14	1	0	-1	1.1
15	1	-1	1	1.1
16	0	-1	-1	1.1
17	-1	0	1	1.1
18	-1	1	-1	1.1
19	0	1	1	1.1

faces: 30 vertices: 66

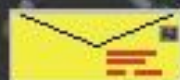


cad4.cpac.washington.edu/WinXMorphHome/WinXMorph.htm

UNIVERSITY OF WASHINGTON

Contact the Chemistry Department Home

Webmaster



Hits since May 20th 2011

web counter

last update 05/05/2016

Birefringence Imaging

NEW



WinXMorph™

by Werner Kaminsky

Research Associate Professor

Office (206) 543-7585 Lab (206) 543-0210

kaminsky@chem.washington.edu

*interactive diamond don't see?
also try the internet explorer*

WinXMorph is a software program for creating realistic still or animated crystal shapes (morphologies) from crystallographic data (metric, (hkl) - Miller indices and central distances) as input and *.wrl (VRML V2.0 utf8) files as output, that can be inserted on web pages (see publications in J. Appl. Cryst. 2005 and J. Appl. Cryst. 2007)

WinXMorph

WinXMorph: Quartz.mor

File Edit View Settings Crystal Tools Donations Citations Help

Crystallographic axes: a , b , c

Miller indices: $(0\ 1\ 1)$, $(1\ 0\ 1)$, $(1\ 1\ 1)$, $(5\ 4\ 1)$, $(0\ 0\ 1)$

Add Face	Remove	fit
indices	Distance	restore
1 1 1	0.9	Navigate
0 1 1	1	pan
1 0 1	0.9	tum
1 0 0	0.6	roll
5 1 1	0.7	cad
		zoom

(C) Werner Kaminsky
University of Washington

CANCEL ACCEPT

indices indices style Background color animation tumble headlight spotlights crystal axes length
 grid grid color axes style
solid fill fill color transparency speed focus angle spotlight1 color spotlight2 color brilliant

point group = 32 30 Faces 56 Corners Surface= 10,279 Volume= 2,486

ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ

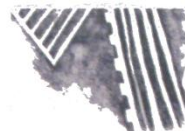




ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Μ. Ανδρόνικου 6, 54621 Θεσσαλονίκη

ΔΙΑΚΟΣΜΗΣΗ ΝΕΟΛΙΘΙΚΗΣ ΕΠΟΧΗΣ

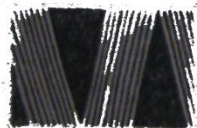


Αρχαιότερη Νεολιθική / Early Neolithic



Μέση Νεολιθική / Middle Neolithic

ΓΡΑΠΤΗ (ΜΕ ΠΙΝΕΛΟ) / PAINTED



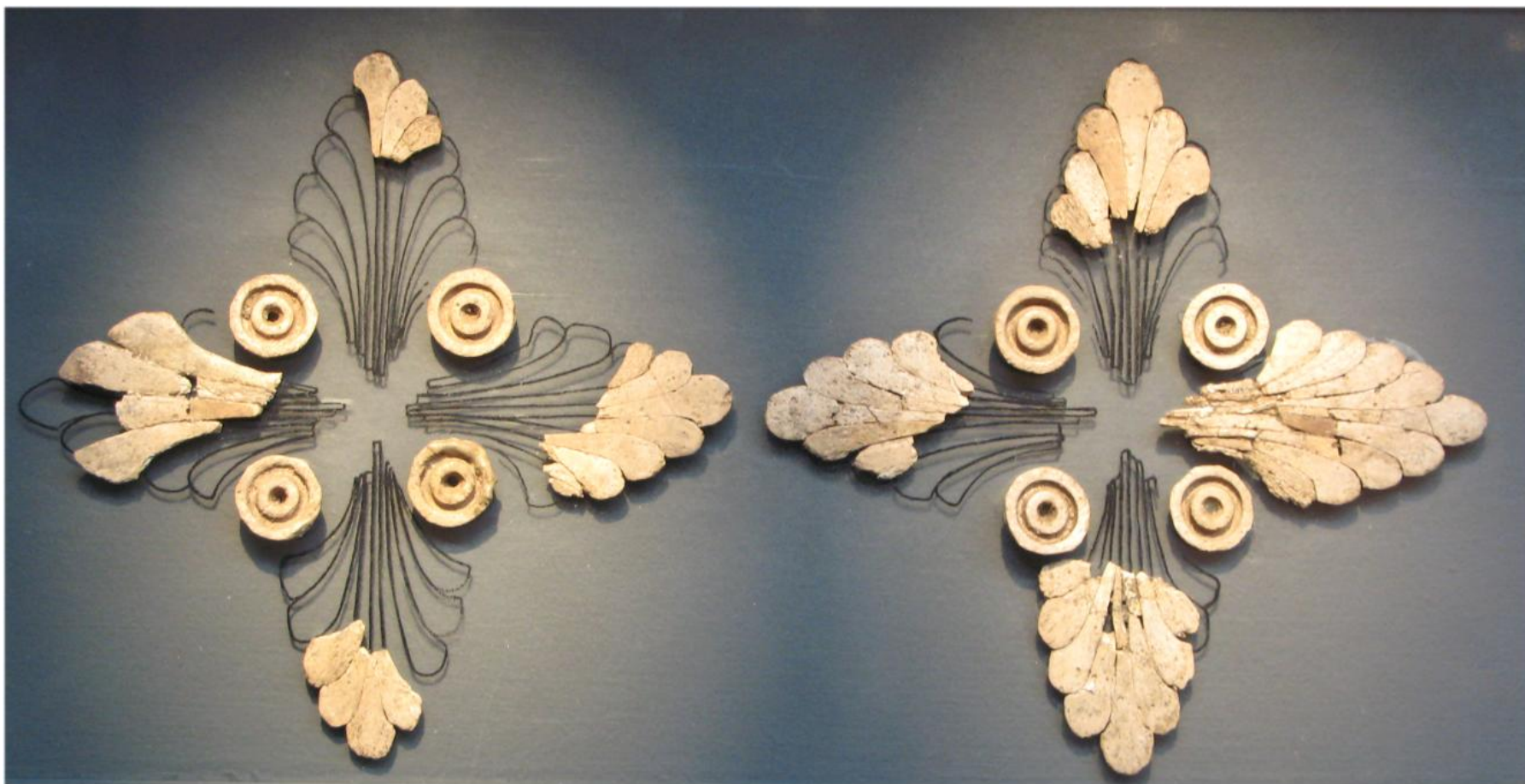
Νεότερη Νεολιθική / Late Neolithic



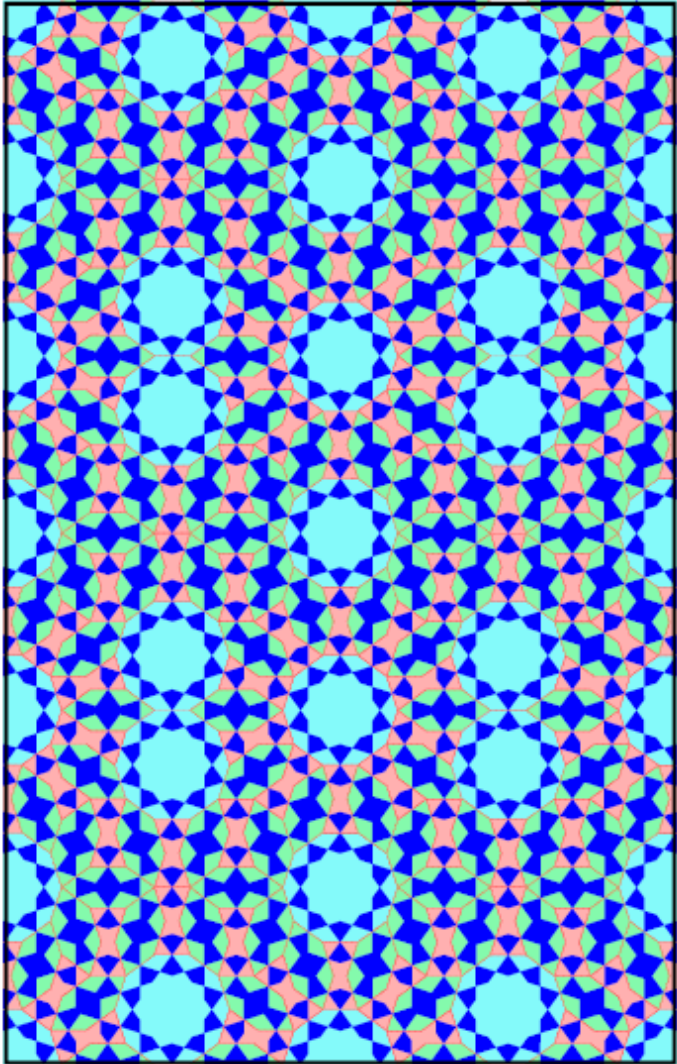
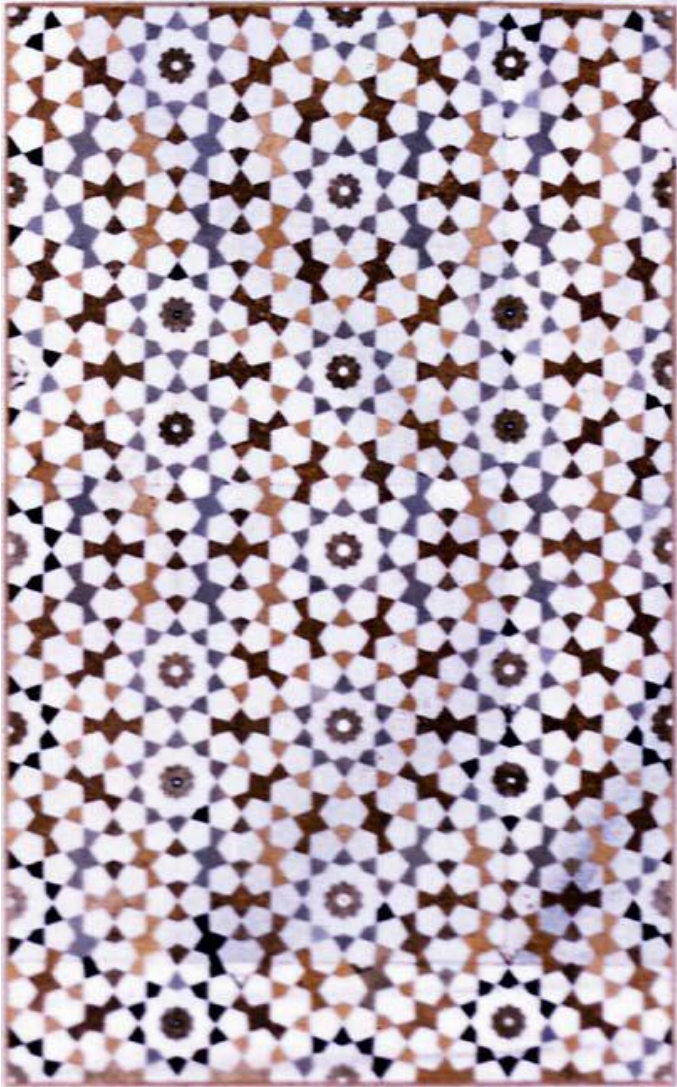


ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Μ. Ανδρόνικου 6, 54621 Θεσσαλονίκη



Mughal I'timad al-Daula Mausoleum in Agra, India (c. 1622 AD)





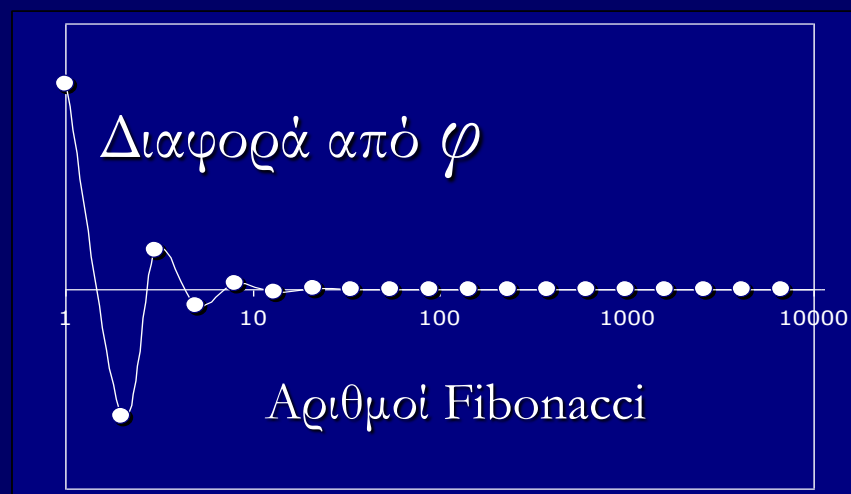
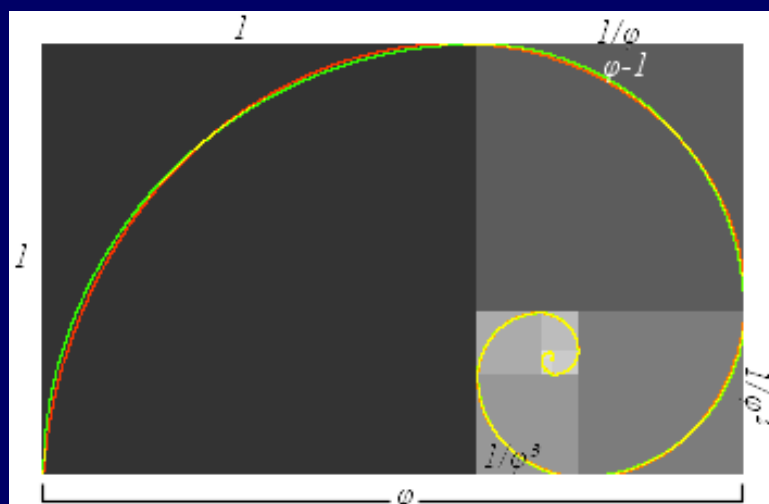
$$A/B = B/C : A = B * \Phi, B = C * \Phi$$

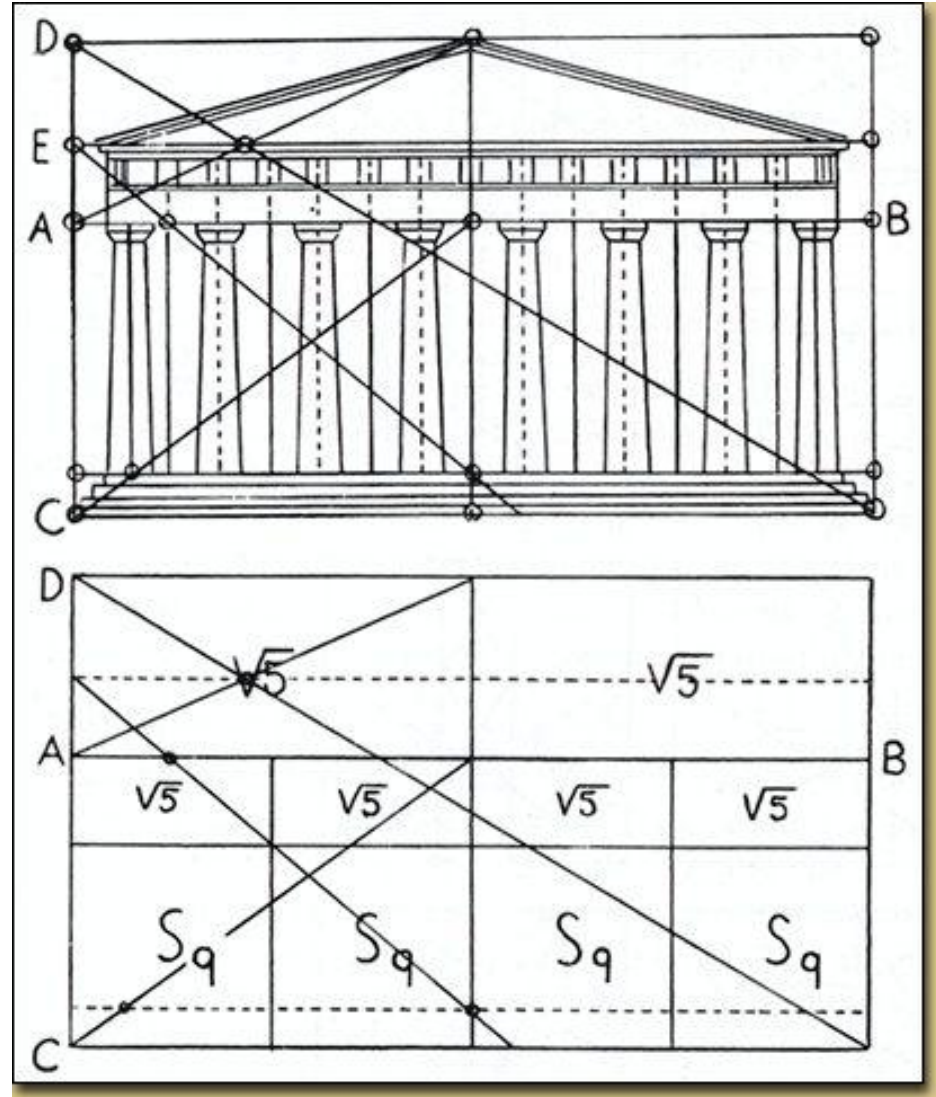
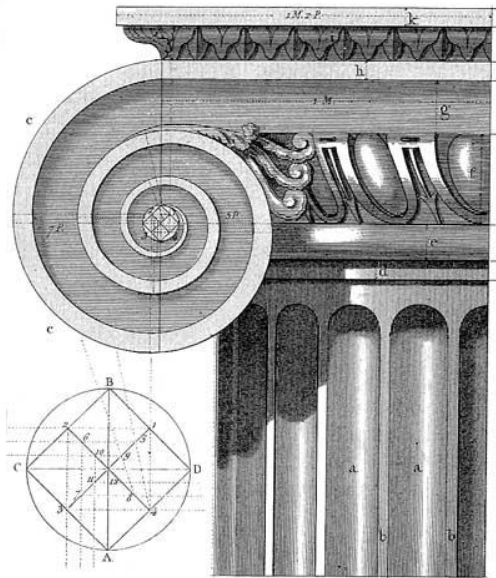
$$(\varphi \sim 1.618)$$

$$x^2 - x - 1 = 0$$

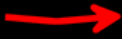
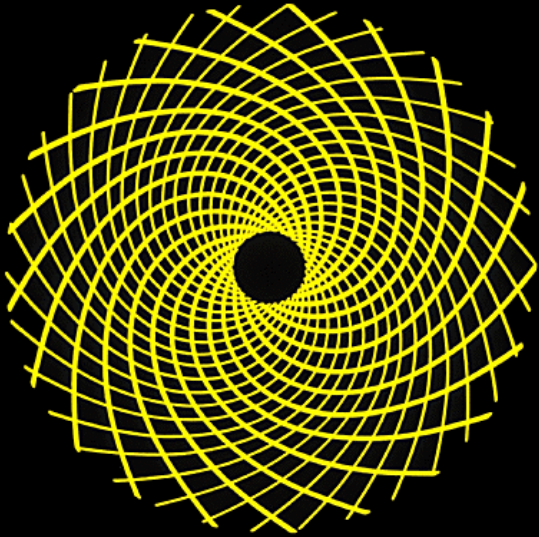
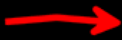
Ακολουθία Fibonacci

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, ...





34



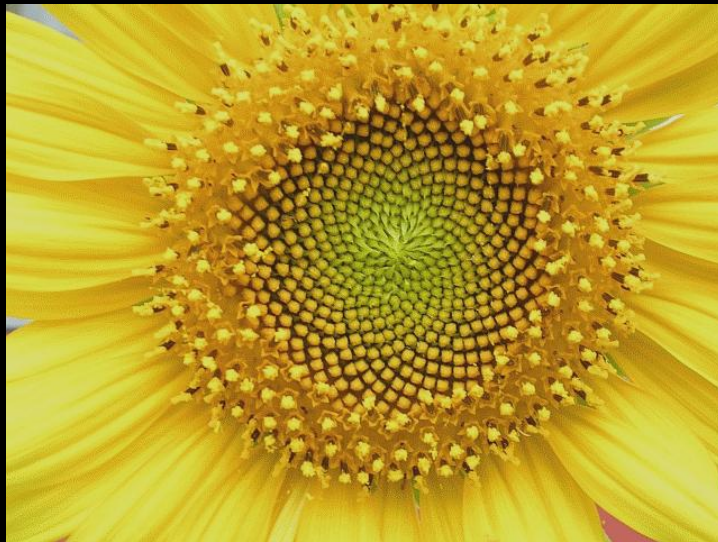
21



34 → 55

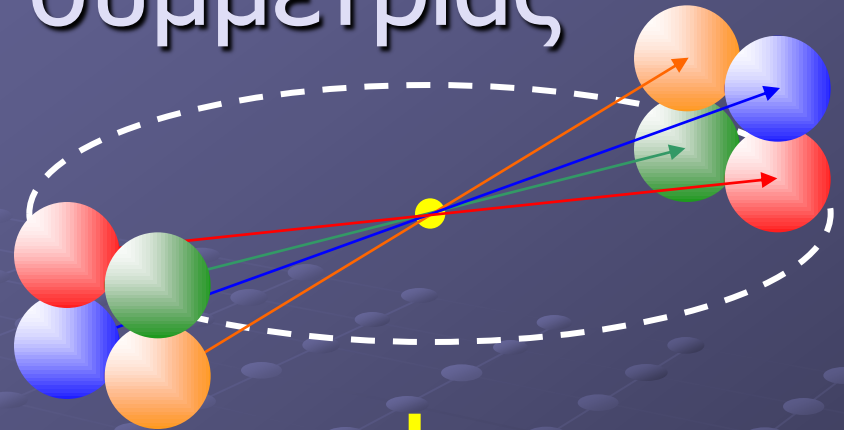
ή ακόμη και

89 → 144

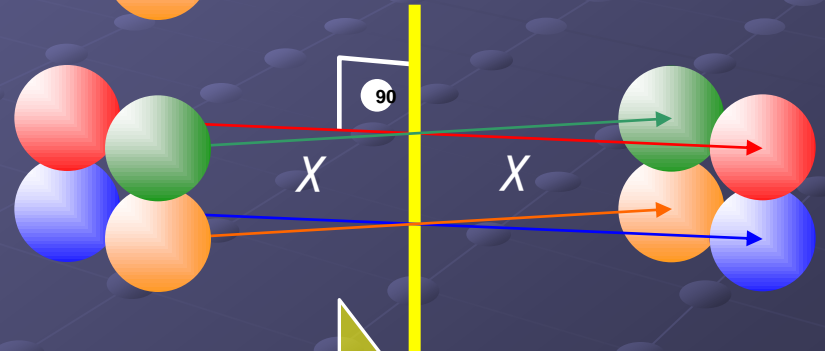


Βασικοί τύποι συμμετρίας

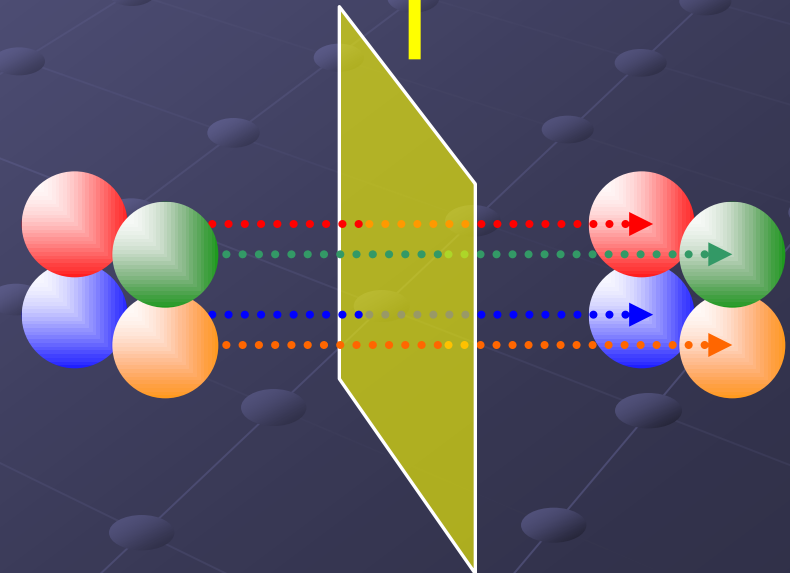
- Συμμετρία σε σχέση με ένα **σημείο**



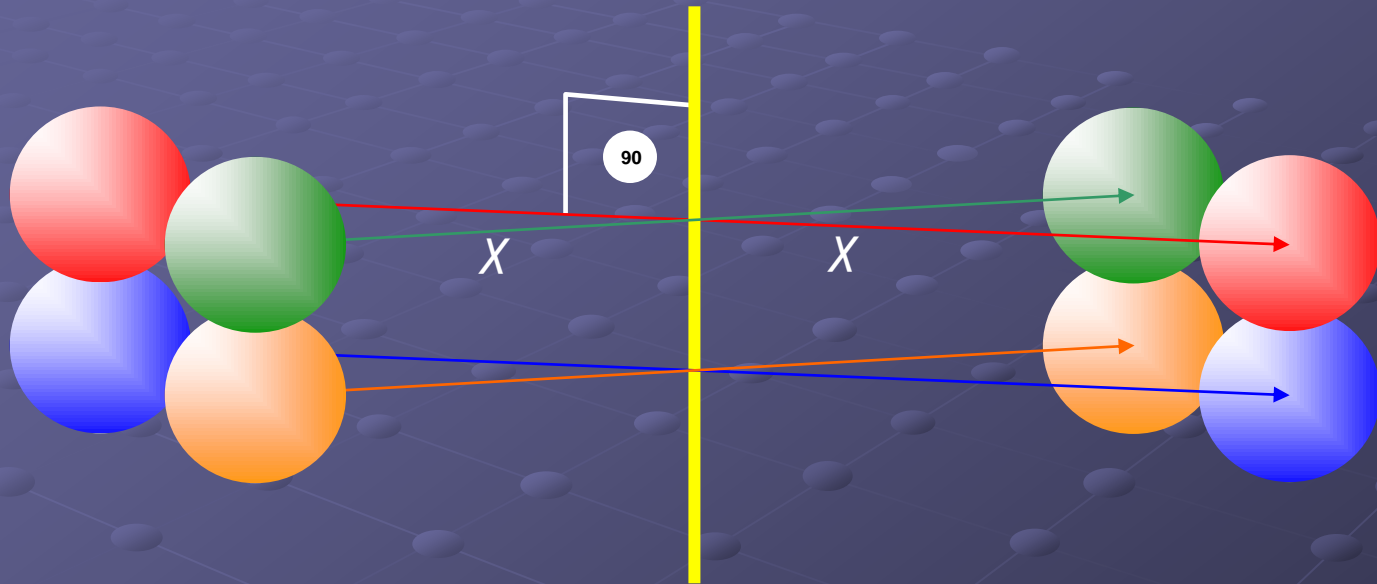
- Συμμετρία σε σχέση με **ευθεία γραμμή**



- Συμμετρία σε σχέση με ένα **επίπεδο**

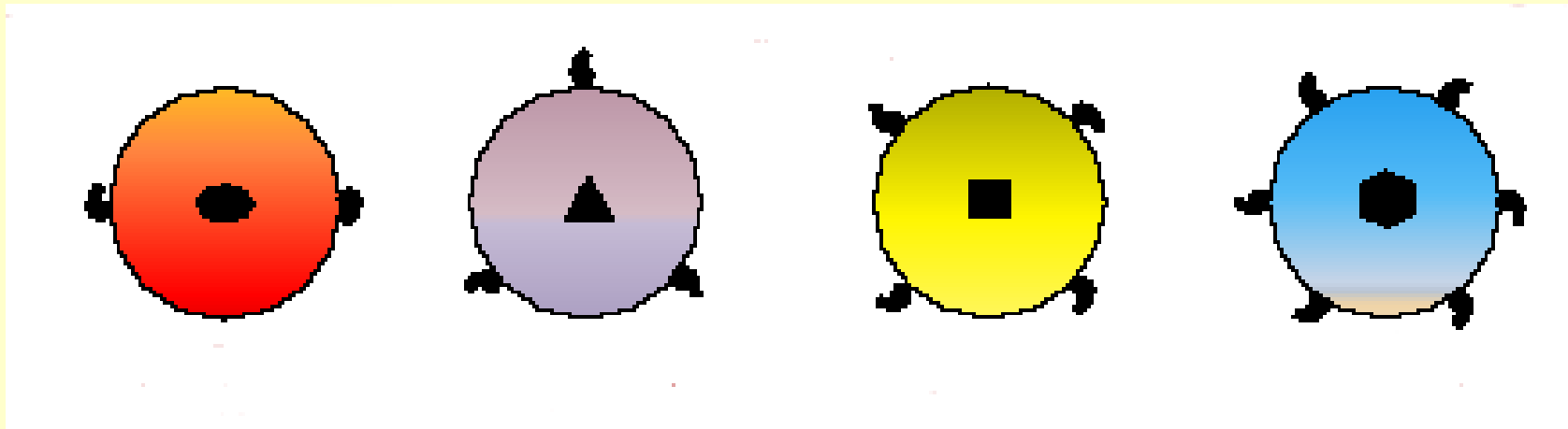


Συμμετρία σε σχέση με **ευθεία**



Η **ευθεία** θεωρείται **ΑΞΟΝΑΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ** και αναφέρεται ως **L^n** όπου n ($n = 2,3,4,5,6,\dots$) είναι η **ΤΑΞΗ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ**

ΑΞΟΝΕΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ ΣΤΑ ΟΡΥΚΤΑ



L^2

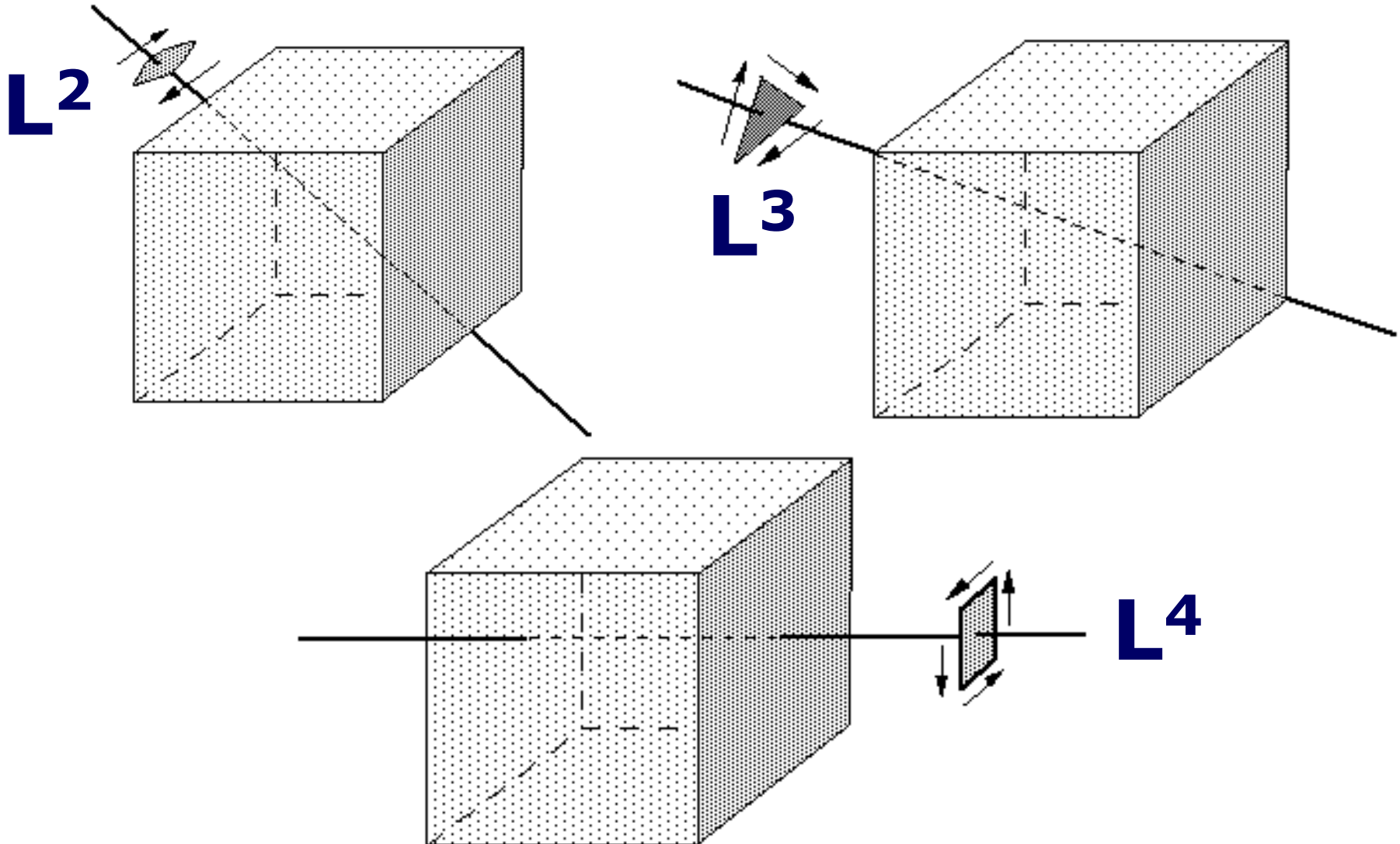
L^3

L^4

L^6

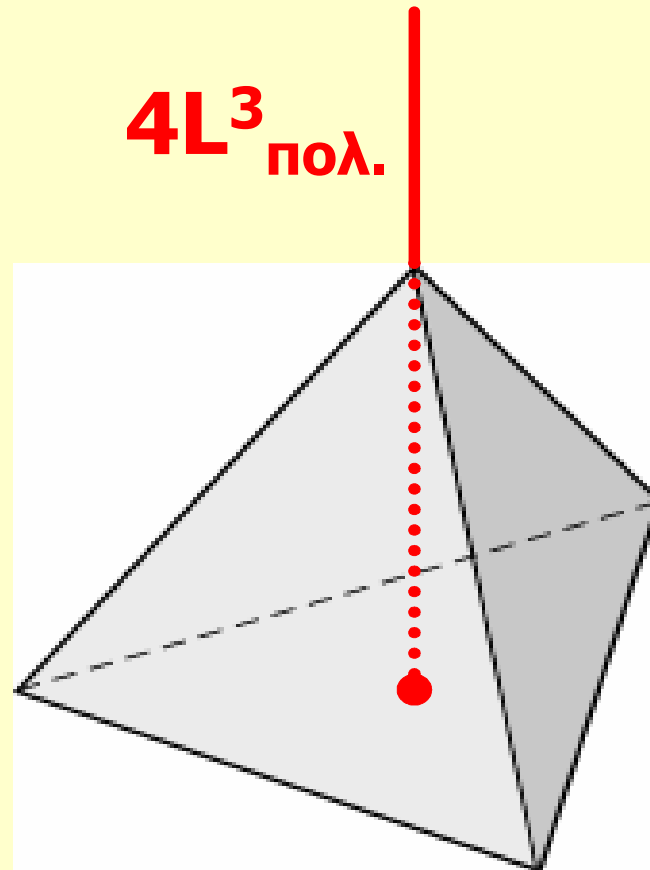
Το 2009 ανακοινώθηκαν L^5 σε φυσικά κρύματα

ΑΞΟΝΕΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΒΟΥ (ΕΞΑΕΔΡΟΥ)



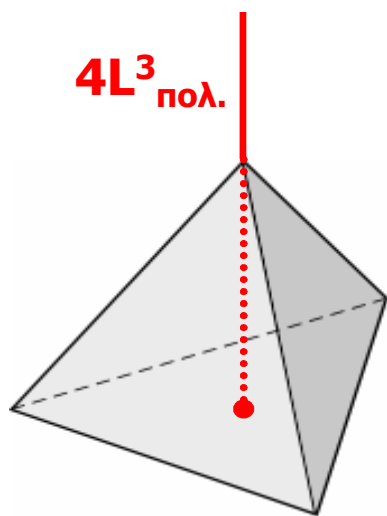
ΠΟΛΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ

Άξονες με ανόμοια *Περατωτικά Σημεία*



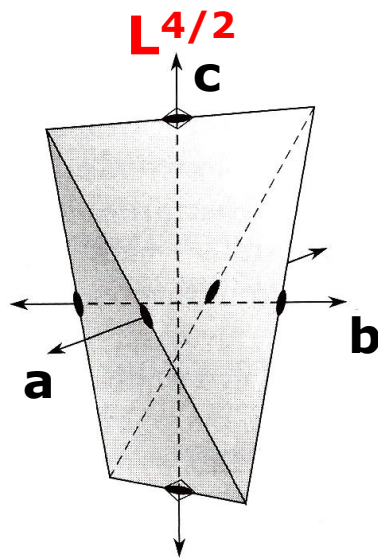
ΑΞΟΝΕΣ ΠΟΛΙΚΟΙ

Άξονες με
ανόμοια
περατωτικά
στοιχεία
καλούνται
Πολικοί Άξονες



ΑΞΟΝΕΣ ΣΤΡΟΦΟΚΑΤΟΠΤΡΙΚΟΙ

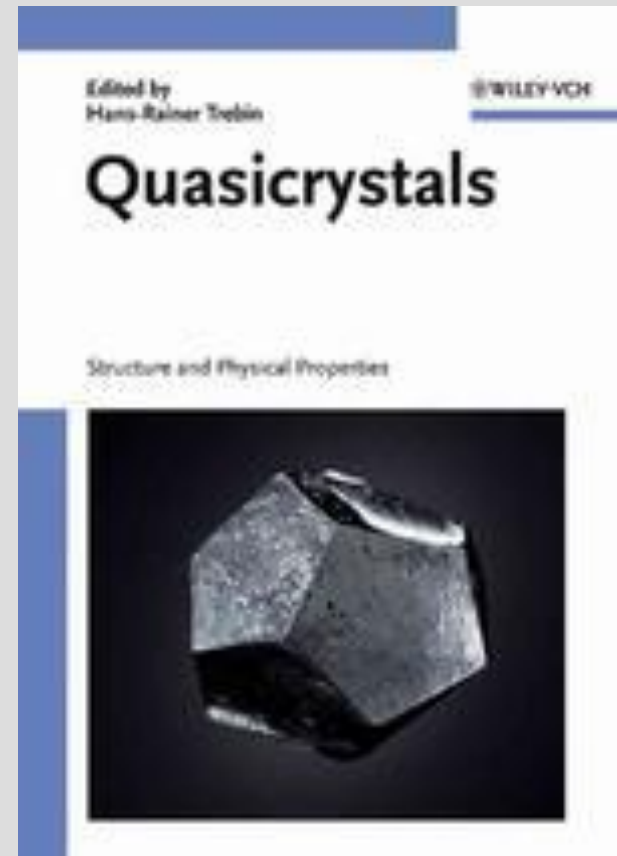
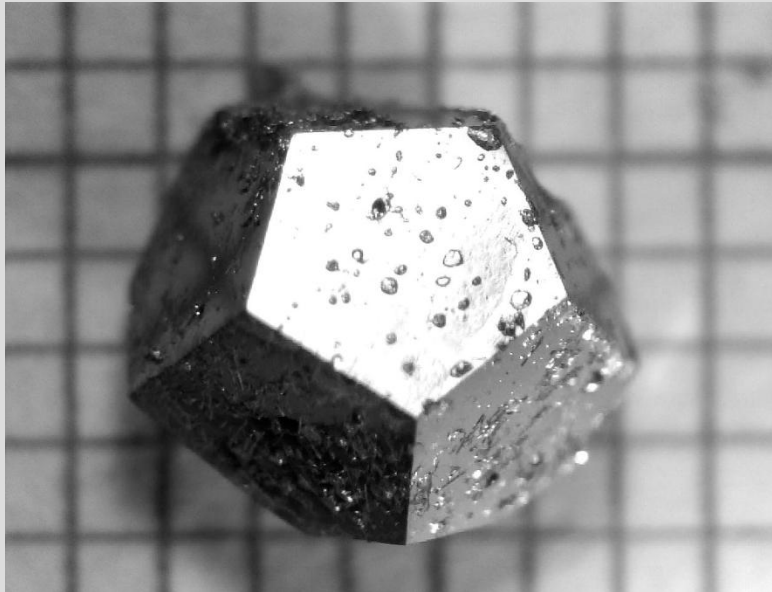
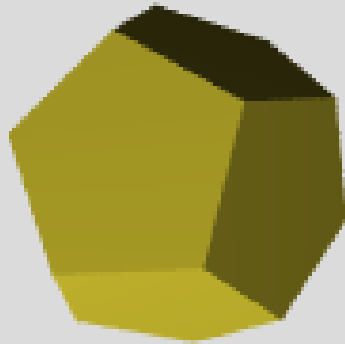
Η διεργασία που
περιλαμβάνει στροφή περί
τον L^4 και κατοπτρισμό
ως προς το επίπεδο κάθετο
στον άξονα παράγει νέο
στοιχείο συμμετρίας που
καλείται Στροφοκατοπτρικός
Άξονας ($L^3_{σκ.}$).



ΑΞΟΝΕΣ ΣΤΡΟΦΟΑΝΑΣΤΡΟΦΗΣ

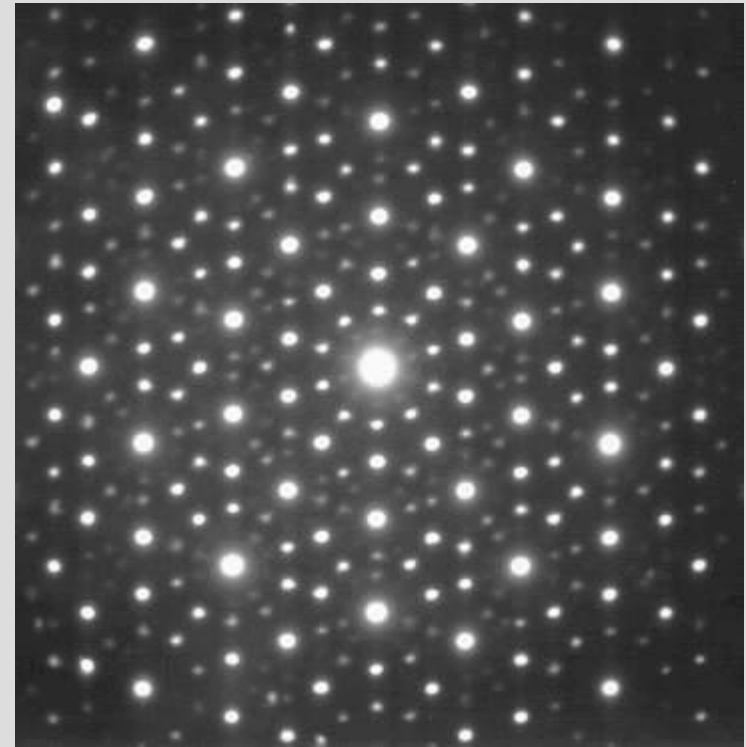
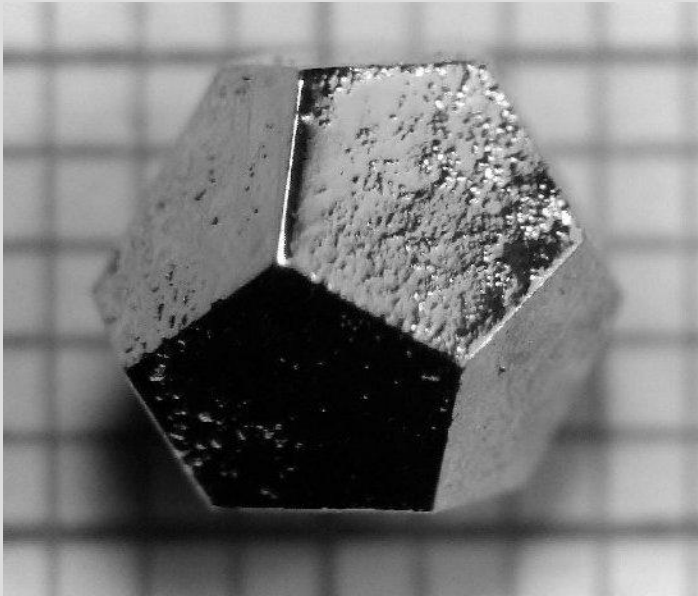
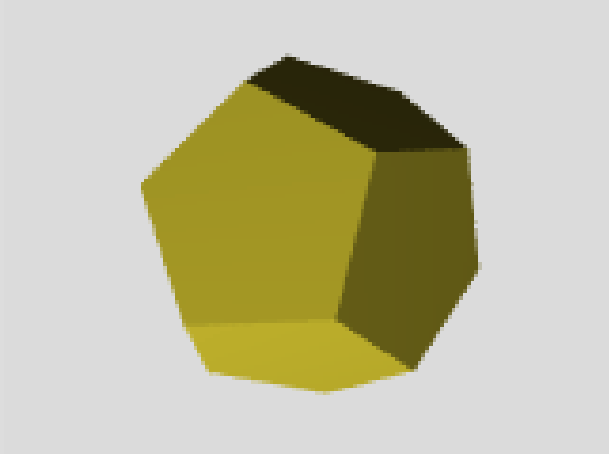
Κατά την διεργασία
στροφής περί άξονα
και *αναστροφής ως*
προς το κέντρο
παράγονται οι Άξονες
Στροφοαναστροφής οι
οποίοι παριστάνονται
με παύλα (-) που
τίθεται πάνω από τον
αριθμό που δηλώνει
την τάξη του άξονα.
Αυτό συμβαίνει όταν
διενεργείται στροφή
περί τον L^4 και
αναστροφή ως προς το
κέντρο οπότε
προκύπτει νέα
συμμετρία: $\bar{4} = L^{4/2}$.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το **ΣΦΗΝΟΕΔΡΟ**



Ημικρύσταλλοι
Al-Pd-Re

(ΚΑΝΟΝΙΚΟ) ΠΕΝΤΑΓΩΝΙΚΟ ΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ με L^5



Ημικρύσταλλοι
Zn-Mg-Ho

(ΚΑΝΟΝΙΚΟ) ΠΕΝΤΑΓΩΝΙΚΟ ΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ με **L⁵**

Ημικρύσταλλοι



ΤΡΙΑΚΟΝΤΑΕΔΡΟ με **L⁵**

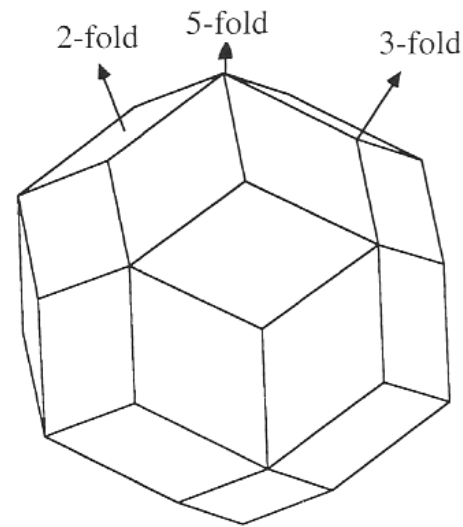
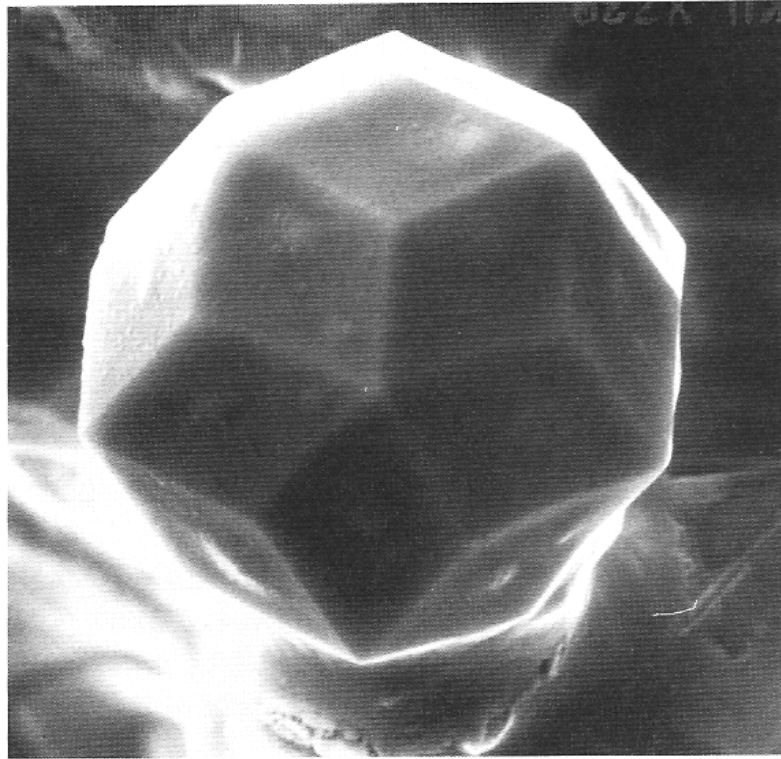
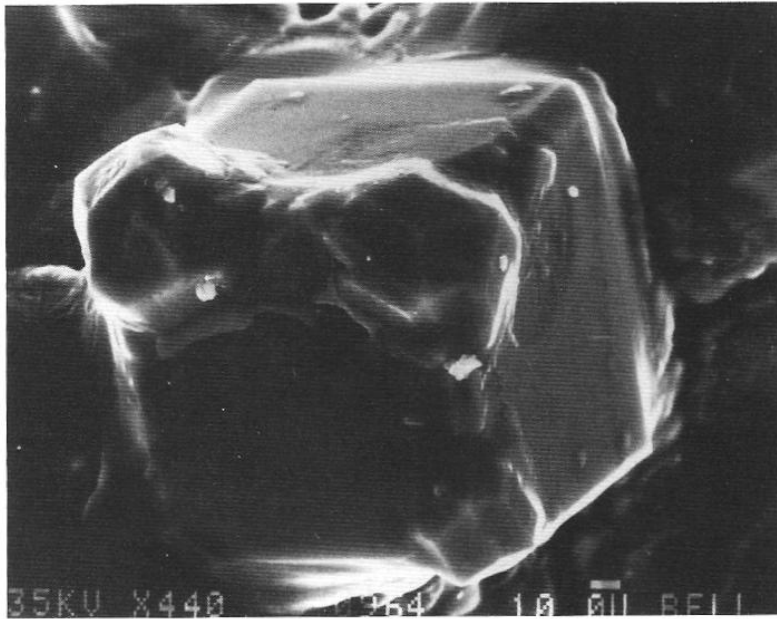


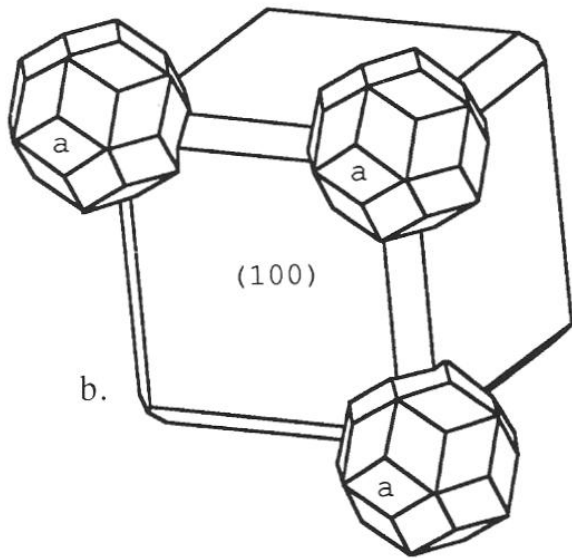
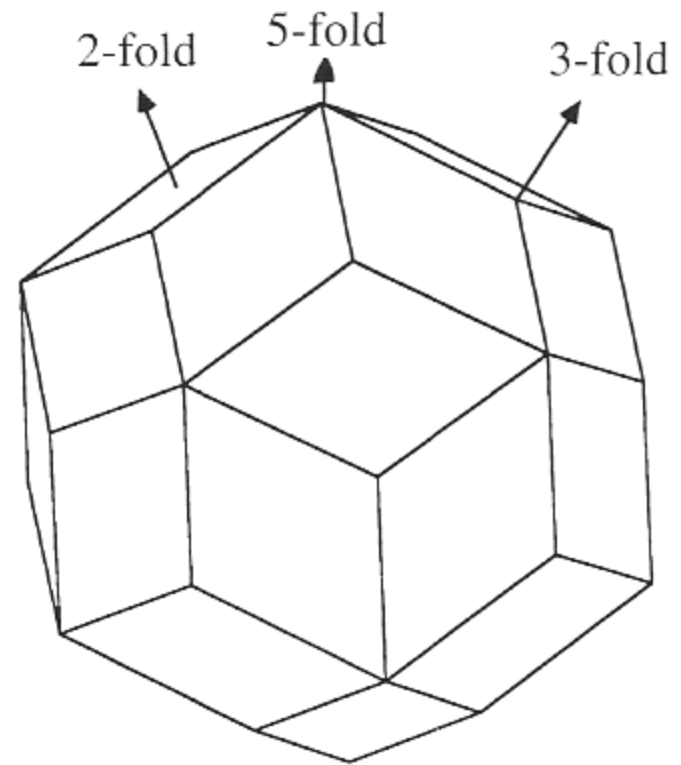
Figure 2. An idealized triacontahedron with one of its six 5-fold axes indicated.

Figure 1. SEM photo of an isolated, triacontahedral quasicrystal of $\text{Al}_{5.1}\text{Li}_3\text{Cu}$ made at AT&T Bell Laboratories. The grain is 0.1 mm across. SEM photo courtesy of A. R. Kortan, AT&T Bell Laboratories.



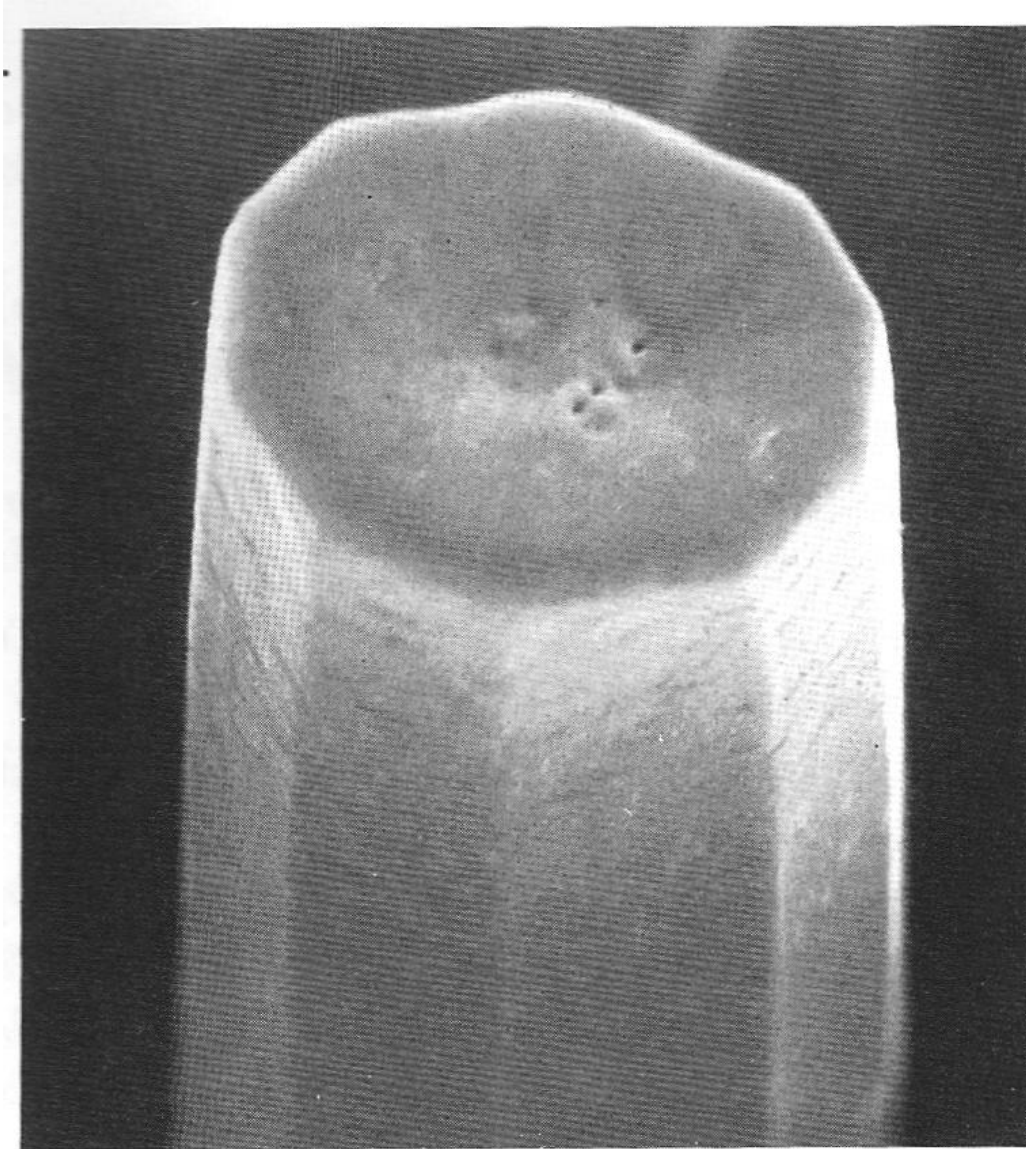
a.

Ημικρύσταλλοι Al-Li-Cu



b.

Al-Cu-Co



5 October 2011

The Nobel Prize in Chemistry 2011

The Royal Swedish Academy of Sciences has decided to award the Nobel Prize in Chemistry for 2011 to

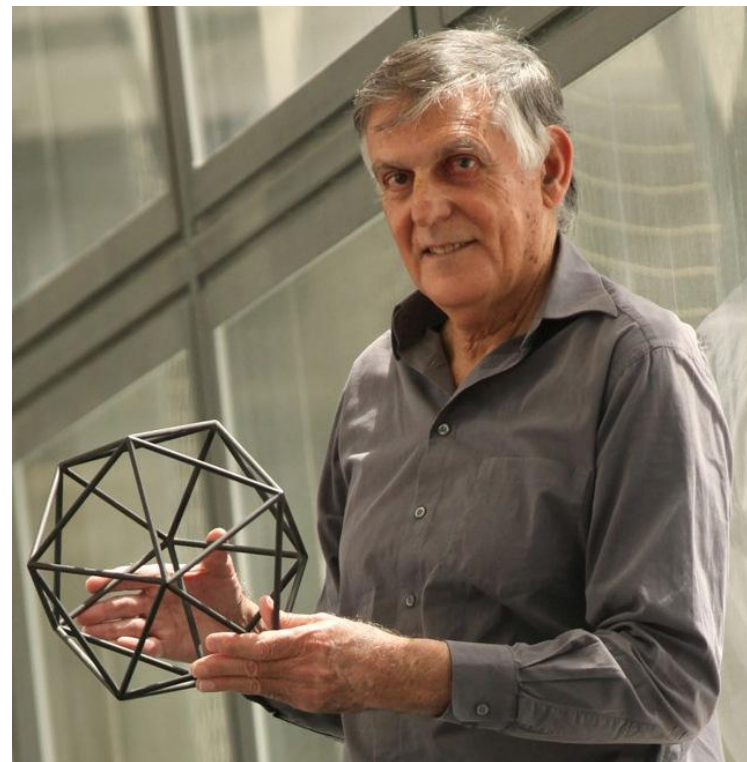
Dan Shechtman

Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, Israel

“for the discovery of quasicrystals”.

A remarkable mosaic of atoms

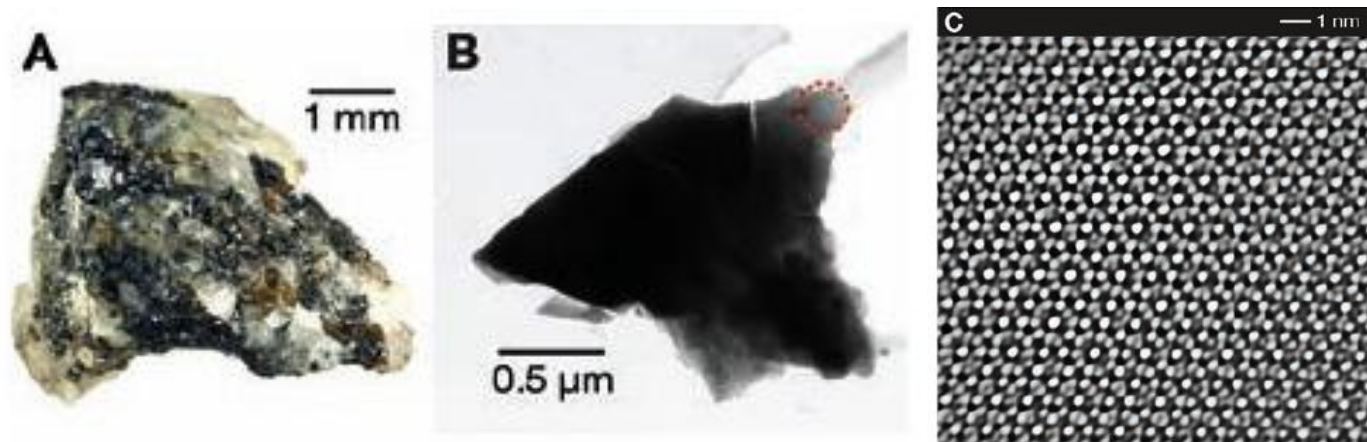
In quasicrystals, we find the fascinating mosaics of the Arabic world reproduced at the level of atoms: regular patterns that never repeat themselves. However, the configuration found in quasicrystals was considered impossible, and Dan Shechtman had to fight a fierce battle against established science. The Nobel Prize in Chemistry 2011 has fundamentally altered how chemists conceive of solid matter.



Natural Quasicrystals

Luca Bindi,¹ Paul J. Steinhardt,^{2*} Nan Yao,³ Peter J. Lu⁴

Quasicrystals are solids whose atomic arrangements have symmetries that are forbidden for periodic crystals, including configurations with fivefold symmetry. All examples identified to date have been synthesized in the laboratory under controlled conditions. Here we present evidence of a naturally occurring icosahedral quasicrystal that includes six distinct fivefold symmetry axes. The mineral, an alloy of aluminum, copper, and iron, occurs as micrometer-sized grains associated with crystalline khatyrkite and cupalite in samples reported to have come from the Koryak Mountains in Russia. The results suggest that quasicrystals can form and remain stable under geologic conditions, although there remain open questions as to how this mineral formed naturally.



Οι πρώτοι φυσικοί ημικρύσταλλοι

LETTER

Icosahedrite, $\text{Al}_{63}\text{Cu}_{24}\text{Fe}_{13}$ the first natural quasicrystal

LUCA BINDI,^{1,2,*} PAUL J. STEINHARDT,^{3,4} NAN YAO,⁵ AND PETER J. LU⁶

¹Museo di Storia Naturale, Sezione di Mineralogia, Università di Firenze, Via La Pira 4, I-50121 Firenze, Italy

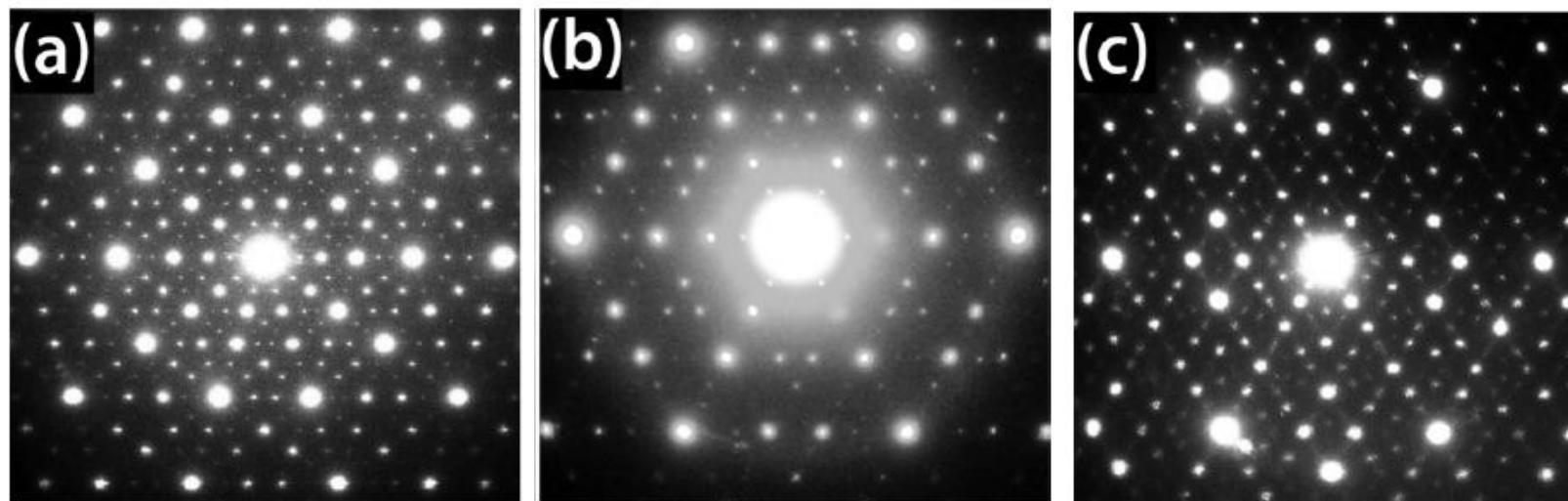
²CNR-Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze, Via La Pira 4, I-50121 Firenze, Italy

³Princeton Center for Theoretical Science, Princeton University, Princeton, New Jersey 08544, U.S.A.

⁴Joseph Henry Laboratories, Department of Physics, Princeton University, Princeton, New Jersey 08544, U.S.A.

⁵Princeton Institute for the Science and Technology of Materials, Princeton University, New Jersey 08544, U.S.A.

⁶Department of Physics and SEAS, Harvard University, Cambridge, Massachusetts 02138, U.S.A.



L⁵

L³

L²



OPEN

Natural quasicrystal with decagonal symmetry

SUBJECT AREAS:

ASTEROIDS, COMETS
AND KUIPER BELT

CONDENSED-MATTER PHYSICS

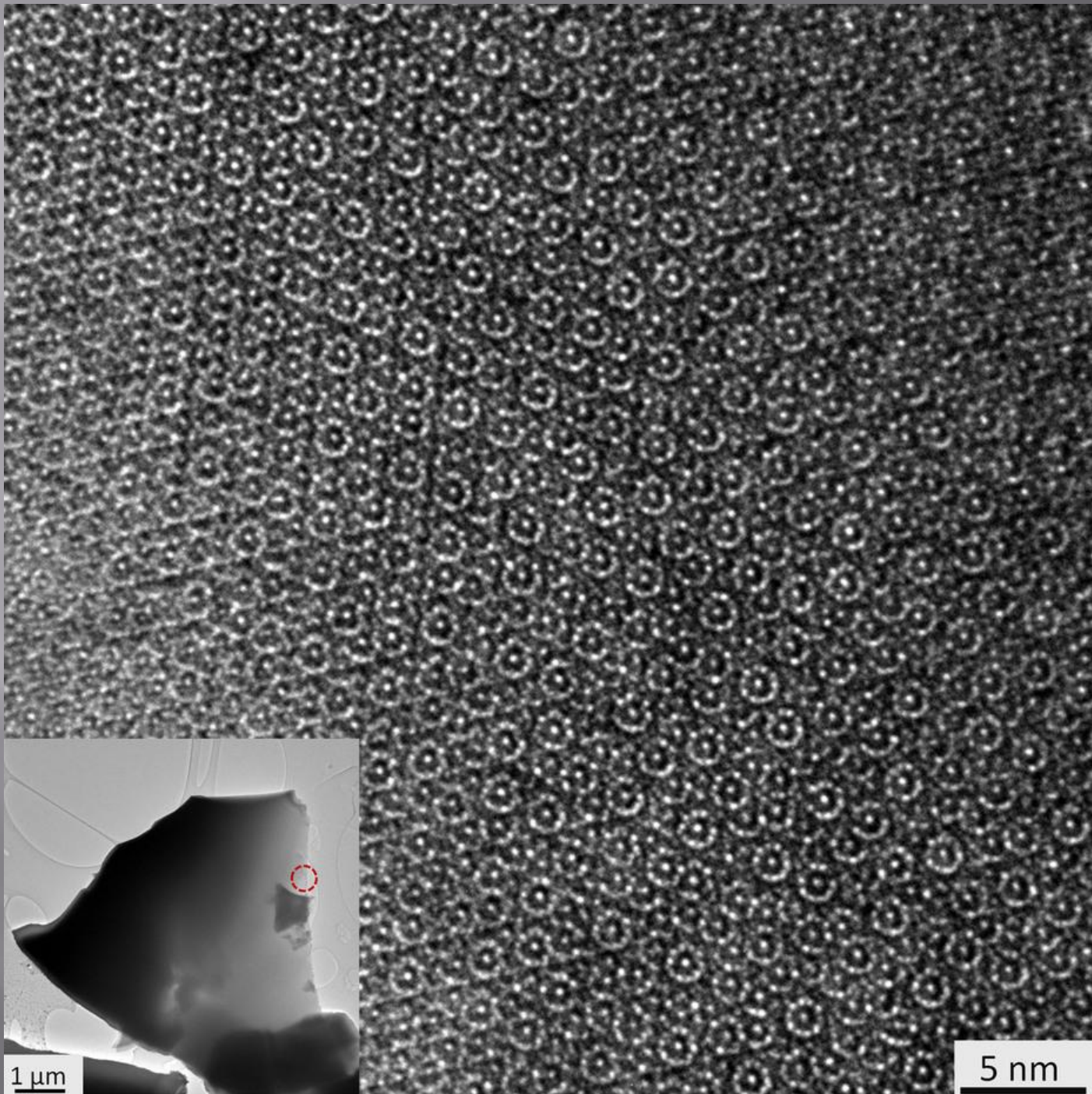
Luca Bindi¹, Nan Yao², Chaney Lin³, Lincoln S. Hollister⁴, Christopher L. Andronicos⁵, Vadim V. Distler⁶, Michael P. Eddy⁷, Alexander Kostin⁸, Valery Kryachko⁶, Glenn J. MacPherson⁹, William M. Steinhardt¹⁰, Marina Yudovskaya⁶ & Paul J. Steinhardt^{3,11}

Received
8 January 2015

Accepted
18 February 2015

Published
13 March 2015

¹Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze, Via La Pira 4, I-50121 Florence, Italy, ²Princeton Institute for the Science and Technology of Materials, Bowen Hall, Princeton University, Princeton, NJ 08544, USA, ³Department of Physics, Princeton University, Jadwin Hall, Princeton, NJ 08544, USA, ⁴Department of Geosciences, Princeton University, Guyot Hall, Princeton, NJ 08544, USA, ⁵Division of Earth and Atmospheric Sciences, Purdue University, West Lafayette, IN 47907, USA, ⁶Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry (IGEM), Russian Academy of Sciences, Staromonetny per. 35, Moscow, 119017 Russia, ⁷Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, USA, ⁸Geoscience Technology, BHP Billiton, Houston, TX 77056, USA, ⁹Department of Mineral Sciences, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington DC, 20013, USA, ¹⁰Department of Earth and Planetary Sciences, Harvard University, 20 Oxford Street, Cambridge, MA 02138, USA, ¹¹Princeton Center for Theoretical Science, Princeton University, Princeton, NJ 08544 USA.



LETTER

Decagonite $\text{Al}_{71}\text{Ni}_{24}\text{Fe}_5$ a quasicrystal with decagonal symmetry from the Khatyrka CV3 carbonaceous chondrite

LUCA BINDI^{1,*}, NAN YAO², CHANEY LIN³, LINCOLN S. HOLLISTER⁴, CHRISTOPHER L. ANDRONICOS⁵,
VADIM V. DISTLER⁶, MICHAEL P. EDDY⁷, ALEXANDER KOSTIN⁸, VALERY KRYACHKO⁶,
GLENN J. MACPHERSON⁹, WILLIAM M. STEINHARDT¹⁰, MARINA YUDOVSKAYA⁶ AND PAUL J. STEINHARDT^{3,11}

¹Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze, Via La Pira 4, I-50121 Florence, Italy

²Princeton Institute for the Science and Technology of Materials, Bowen Hall, Princeton University, Princeton, New Jersey 08544, U.S.A.

³Department of Physics, Princeton University, Jadwin Hall, Princeton, New Jersey 08544, U.S.A.

⁴Department of Geosciences, Princeton University, Guyot Hall, Princeton, New Jersey 08544, U.S.A.

⁵Division of Earth and Atmospheric Sciences, Purdue University, West Lafayette, Indiana 47907, U.S.A.

⁶Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry (IGEM), Russian Academy of Sciences, Staromonetny per. 35, Moscow, 119017, Russia

⁷Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 02139, U.S.A.

⁸Geoscience Technology, BHP Billiton, Houston, Texas 77056, U.S.A.

⁹Department of Mineral Sciences, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D.C. 20560, U.S.A.

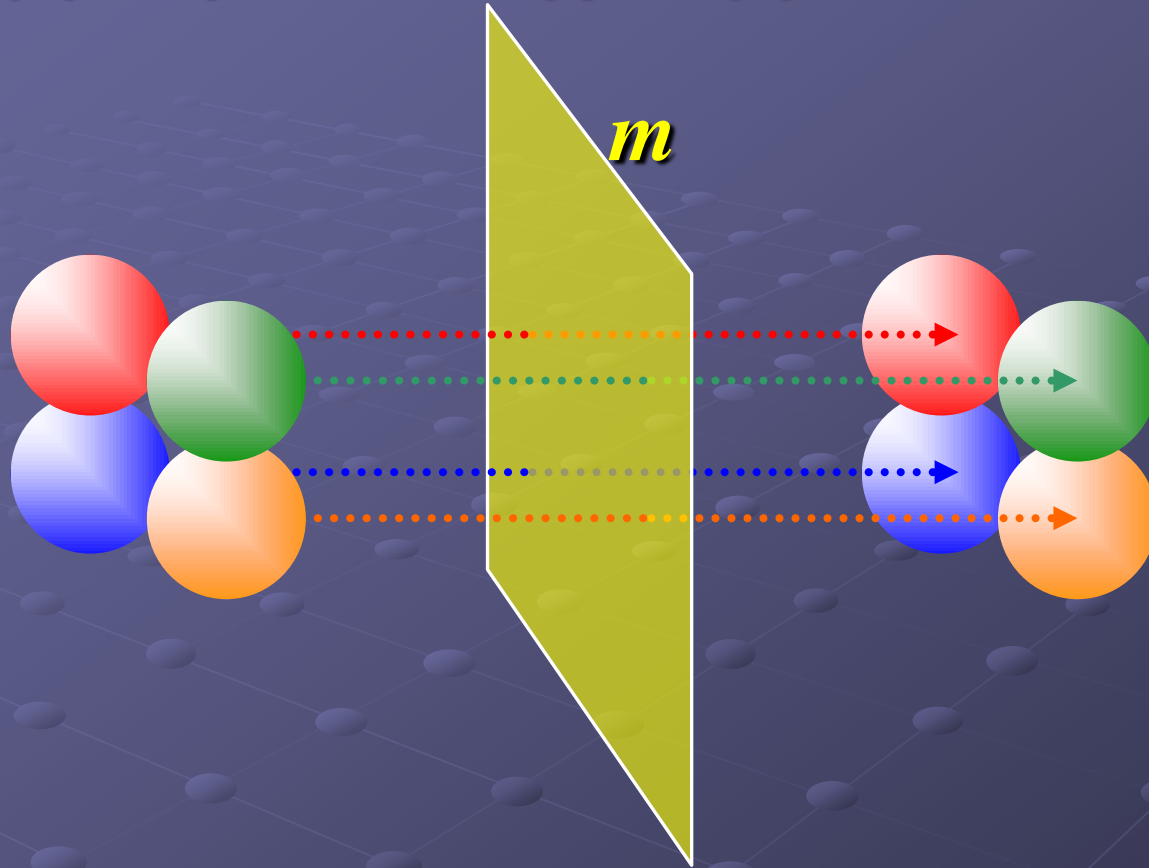
¹⁰Department of Earth and Planetary Sciences, Harvard University, 20 Oxford Street, Cambridge, Massachusetts 02138, U.S.A.

¹¹Princeton Center for Theoretical Science, Princeton University, Princeton, New Jersey 08544 U.S.A.

ABSTRACT

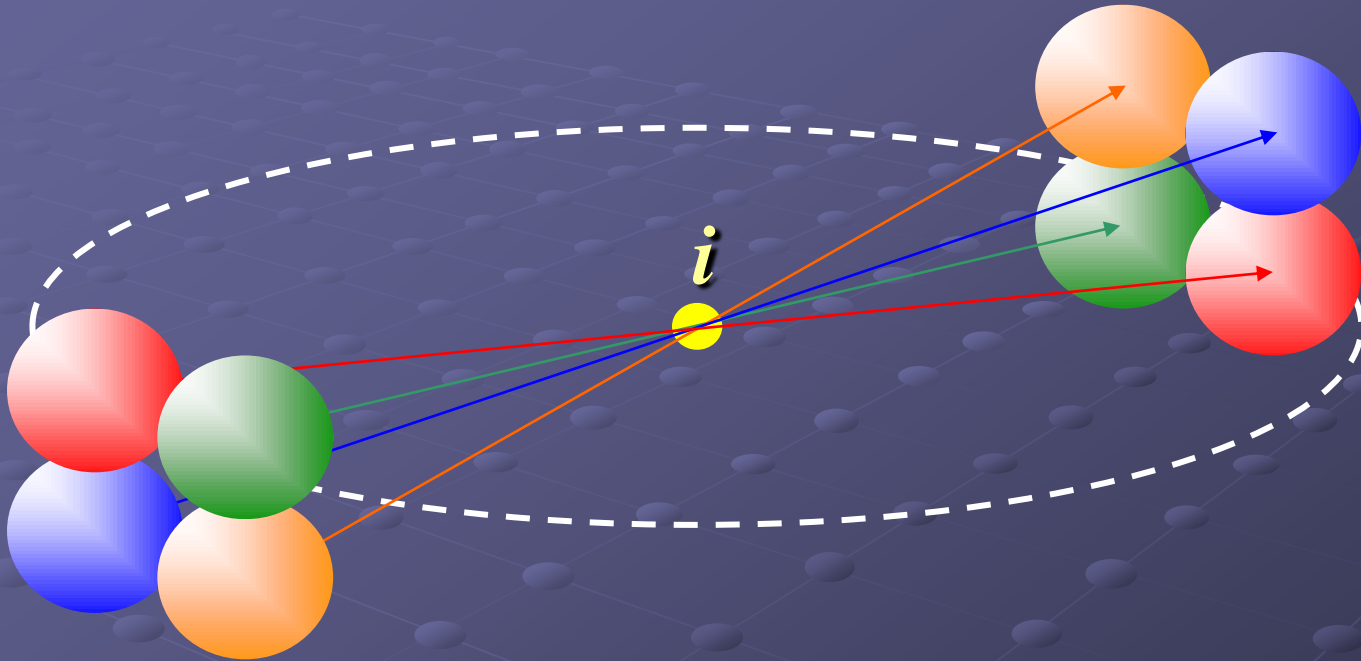
Decagonite is the second natural quasicrystal, after icosahedrite ($\text{Al}_{63}\text{Cu}_{24}\text{Fe}_{13}$), and the first to exhibit the crystallographically forbidden decagonal symmetry. It was found as rare fragments up to ~ 60 μm across in one of the grains (labeled number 126) of the Khatyrka meteorite, a CV3 carbonaceous chondrite. The meteoritic grain contains evidence of a heterogeneous distribution of pressures and temperatures that occurred during impact shock, in which some portions of the meteorite reached at least 5 GPa and 1200 °C. Decagonite is associated with Al-bearing trevorite, diopside, forsterite,

Συμμετρία σε σχέση με **επίπεδο**



Εάν από ένα σημείο φέρουμε κάθετο σε ένα επίπεδο και σε ίση απόσταση από την άλλη μεριά συναντήσουμε ισότιμο σημείο, τότε το επίπεδο αυτό είναι ένα **ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ (m)** το οποίο αναφέρεται ως **P^n**

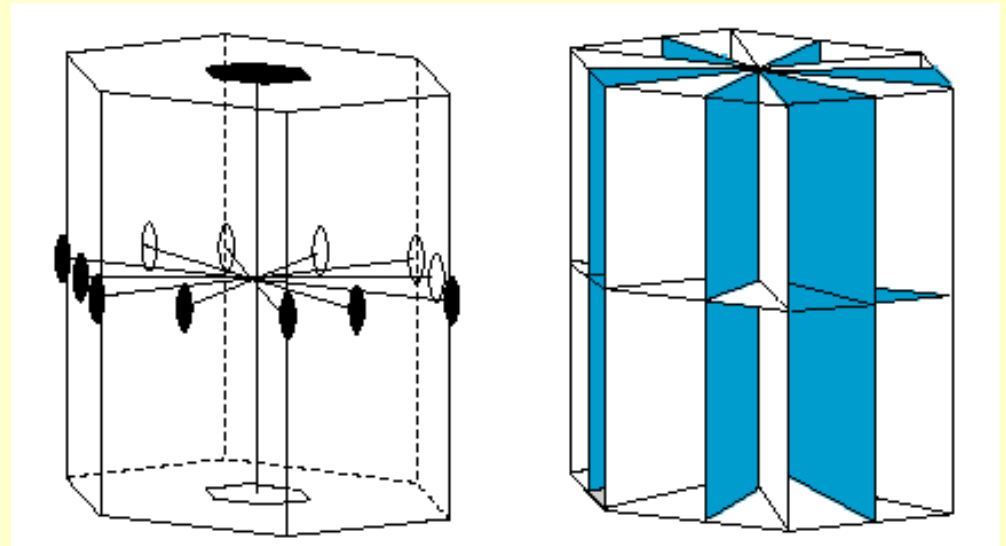
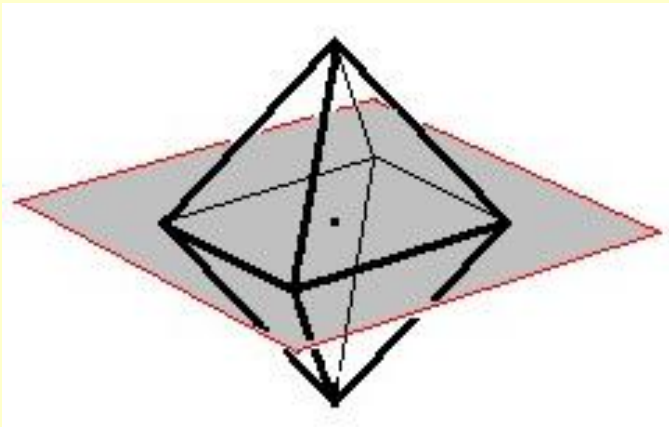
Συμμετρία σε σχέση με **σημείο**

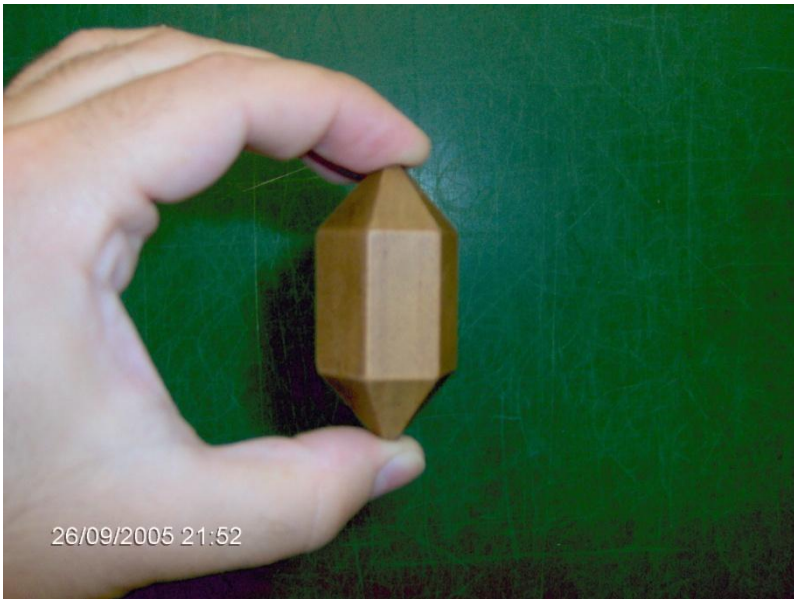
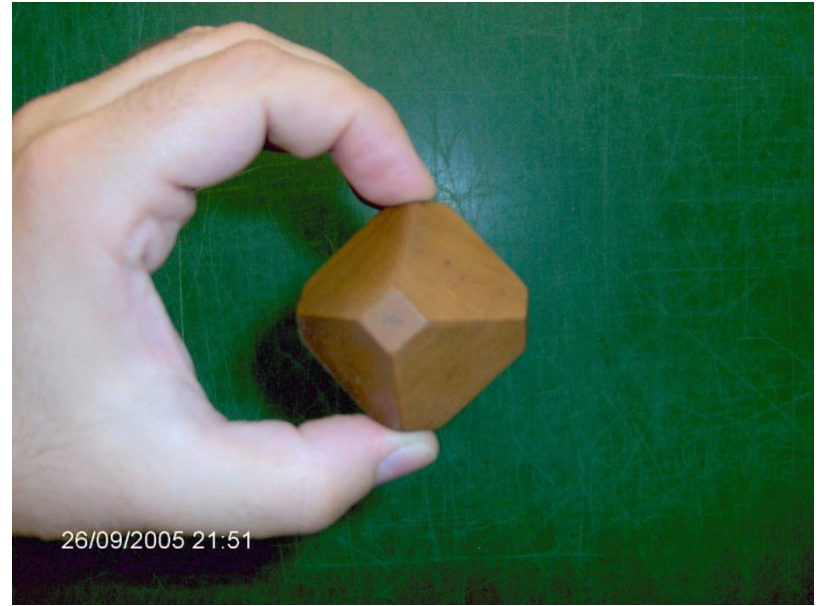
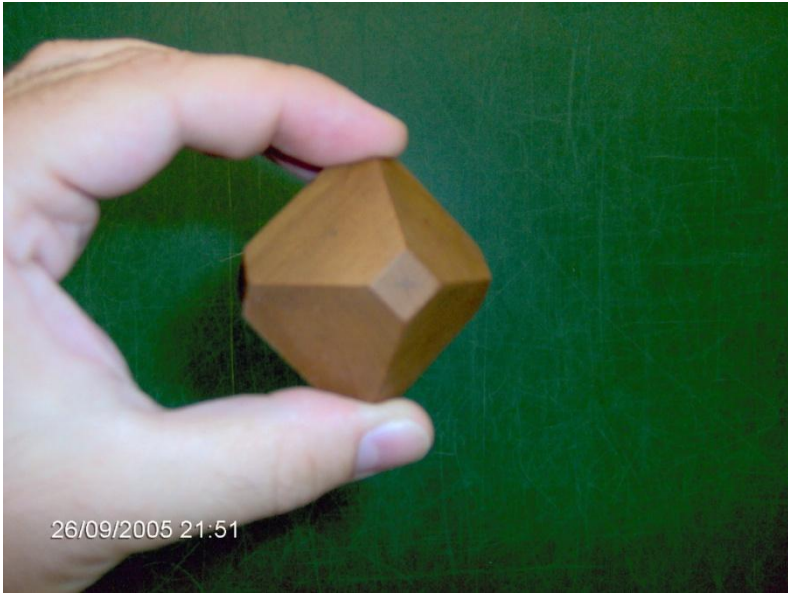


Ένα σημείο είναι ένα **ΚΕΝΤΡΟ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ (i)** όταν όλα τα σημεία που βρίσκονται σε ίσες αποστάσεις από αυτό, αλλά σε αντίθετες κατευθύνσεις, είναι ισοδύναμα. Το κέντρο συμμετρίας αναφέρεται ως **C**

ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ (P)

ΚΕΝΤΡΟ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ (C)

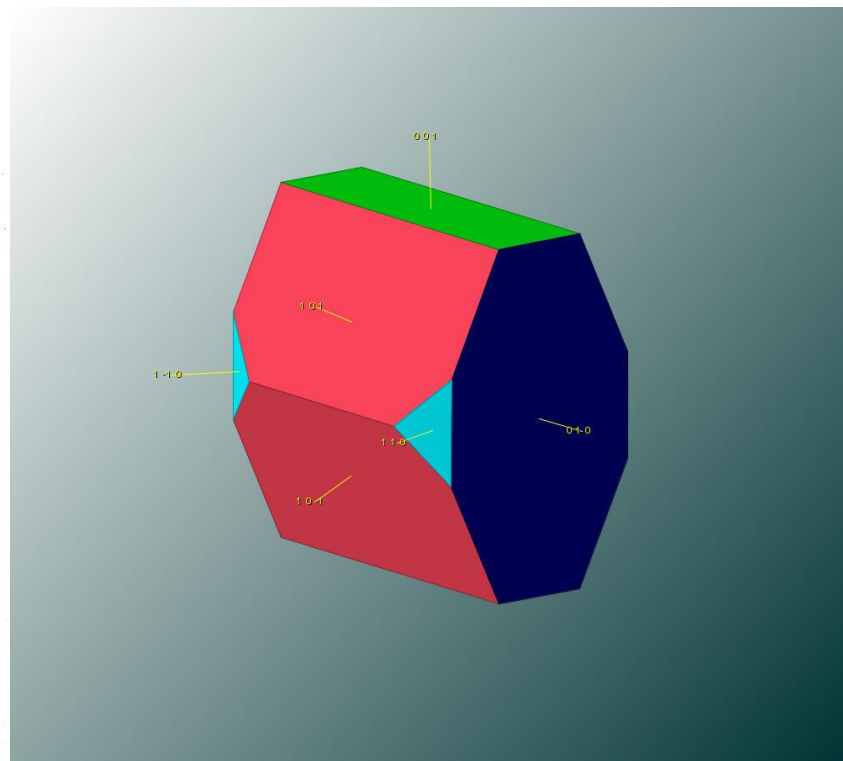
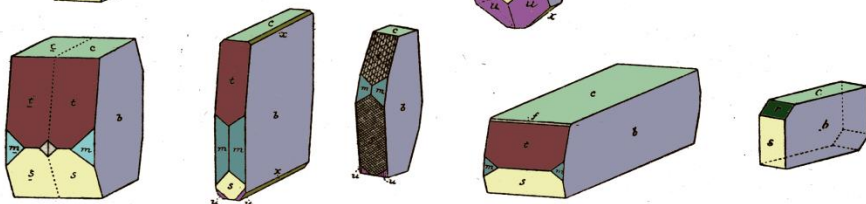
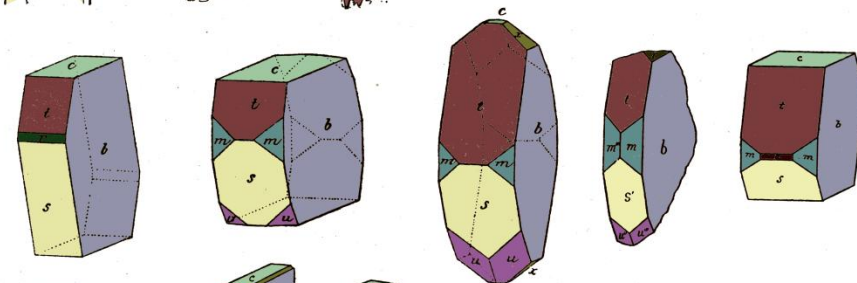
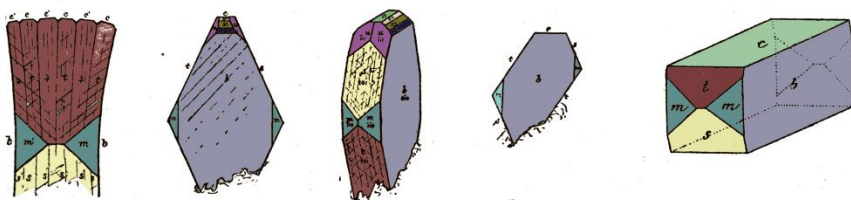
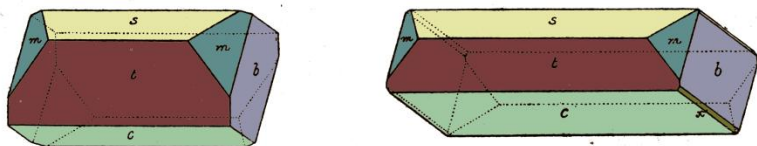
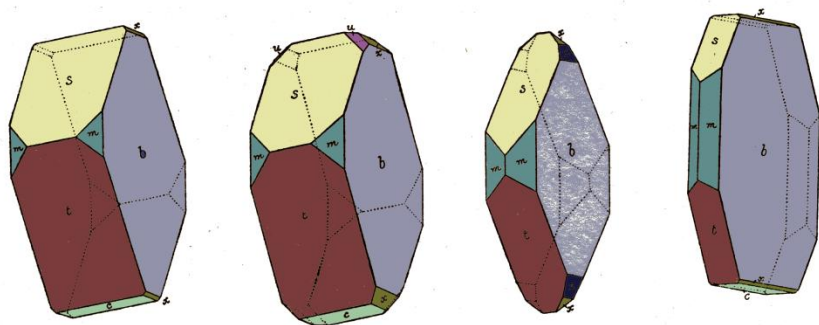




ΟΛΟΕΔΡΙΕΣ

Οι τάξεις του ίδιου κρυσταλλικού συστήματος με το μεγαλύτερη πλήθος ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ (ΑΞΟΝΕΣ, ΕΠΙΠΕΔΑ, ΚΕΝΤΡΟ) ονομάζονται **ΟΛΟΕΔΡΙΕΣ**. Έχουν δηλαδή την μεγαλύτερη δυνατή συμμετρία για το σύστημα στο οποίο κρυσταλλώνονται

ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΤΟΥ ΙΔΙΟΥ ΟΡΥΚΤΟΥ



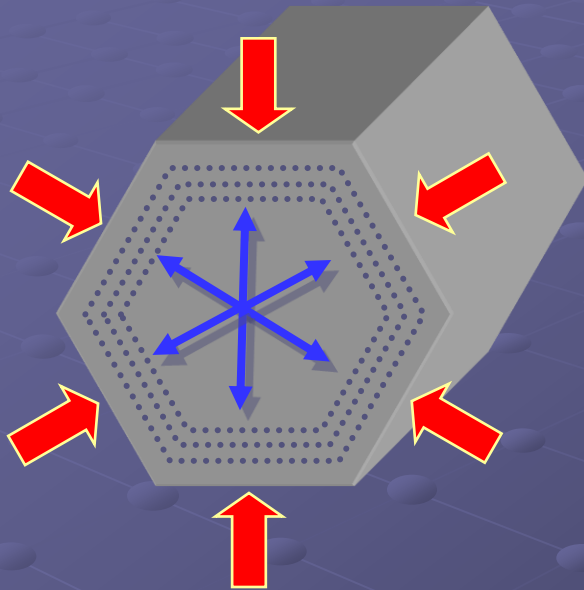
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΜΕΝΟΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ

ΧΑΛΑΖΙΑΣ
 SiO_2



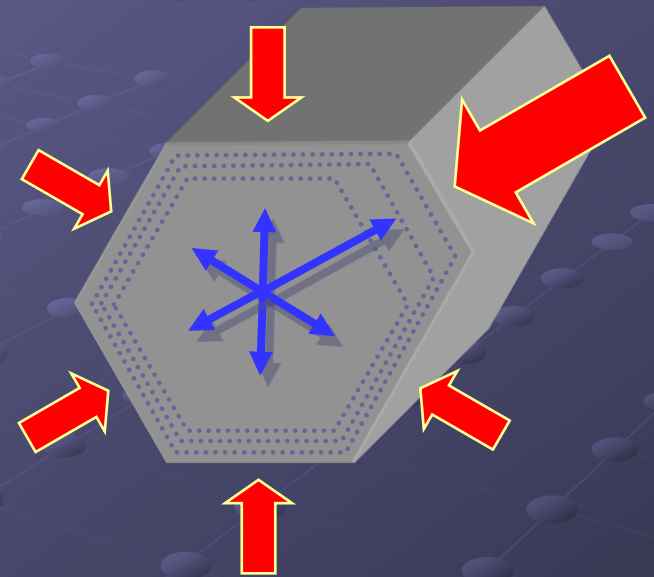
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ/ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ (CRYSTAL GROWTH)

Ομοιόμορφη
τροφοδοσία υλικού



Δημιουργούνται έδρες ίσες
μεταξύ τους και σε ίσες
αποστάσεις από το κέντρο του
κρυστάλλου

Ανομοιόμορφη
τροφοδοσία υλικού

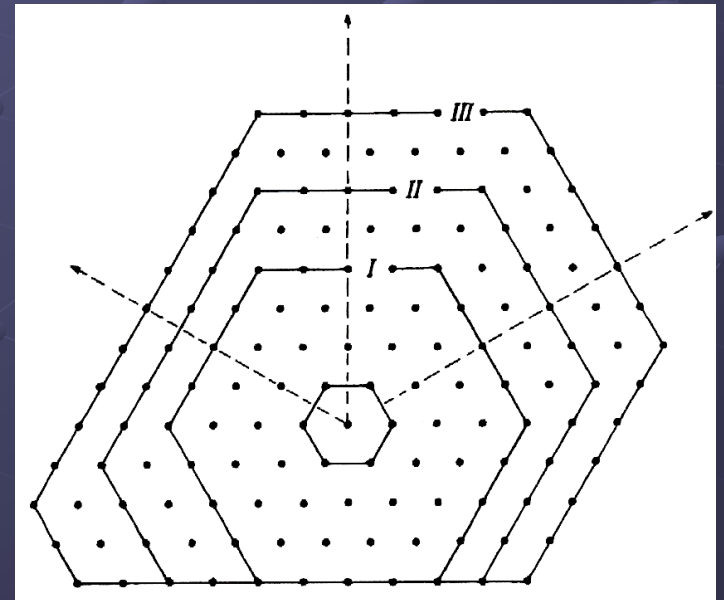


Η έδρα απομακρύνεται ταχύτερα από
το κέντρο του κρυστάλλου και
μειώνεται σε εμβαδό ενώ οι άλλες
έδρες μεγαλώνουν σε εμβαδό

Ωστόσο, και στις δύο περιπτώσεις,
οι **διεδρες γωνίες των εδρών παραμένουν σταθερές**

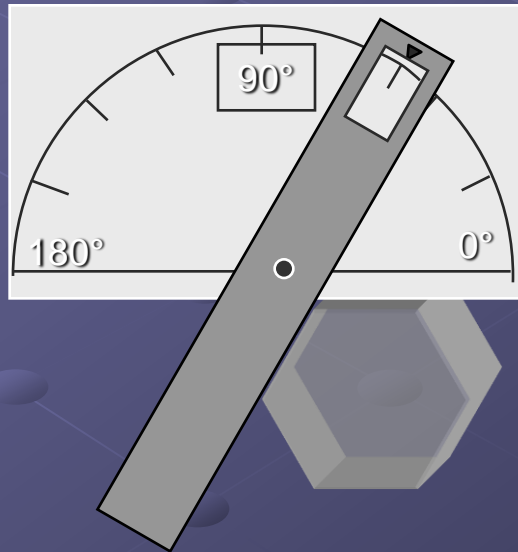
Νόμος της σταθερότητας των διεδρων γωνιών (N. Steno 1669 και Romé de l'Isle 1783)

- Οι διεδρες γωνίες των εδρών των κρυστάλλων (κυρτών γεωμετρικών πολυέδρων) ενός υλικού ορισμένης χημικής σύστασης, που σχηματίζονται κάτω από ορισμένες συνθήκες T/P , έχουν πάντοτε σταθερή τιμή
- Εάν από το κέντρο ενός οποιουδήποτε κρυστάλλου φέρουμε κάθετες ευθείες προς τις έδρες του, η γωνίες που σχηματίζουν αυτές οι ευθείες είναι και οι ζητούμενες διεδρες γωνίες. Αυτές πρέπει να είναι σταθερές για κανονικούς και παραμορφωμένους κρυστάλλους και μετρώνται με διάφορα **γωνιόμετρα**

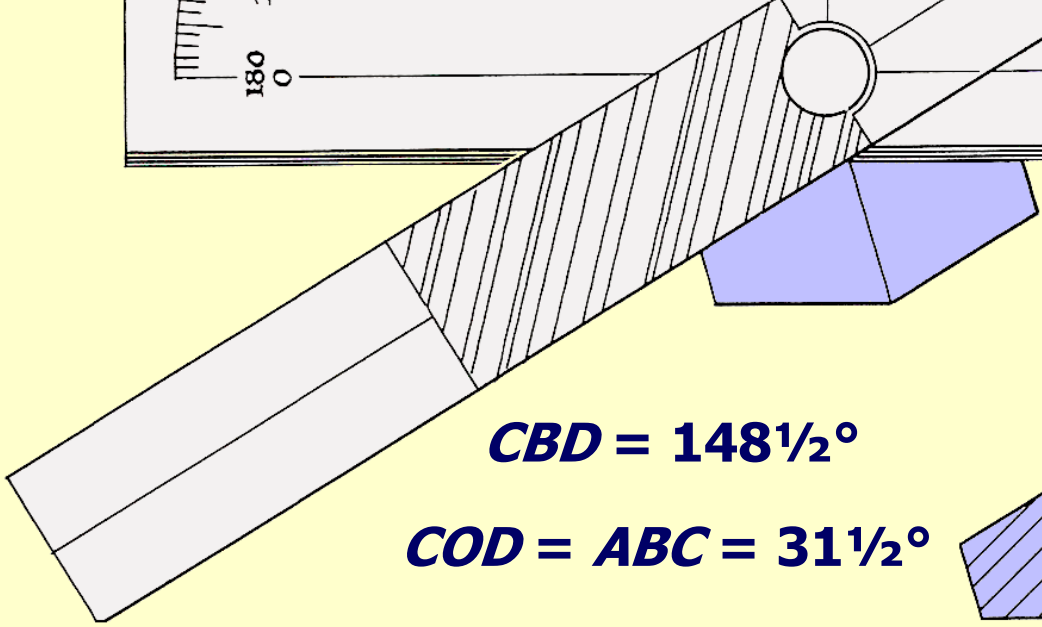
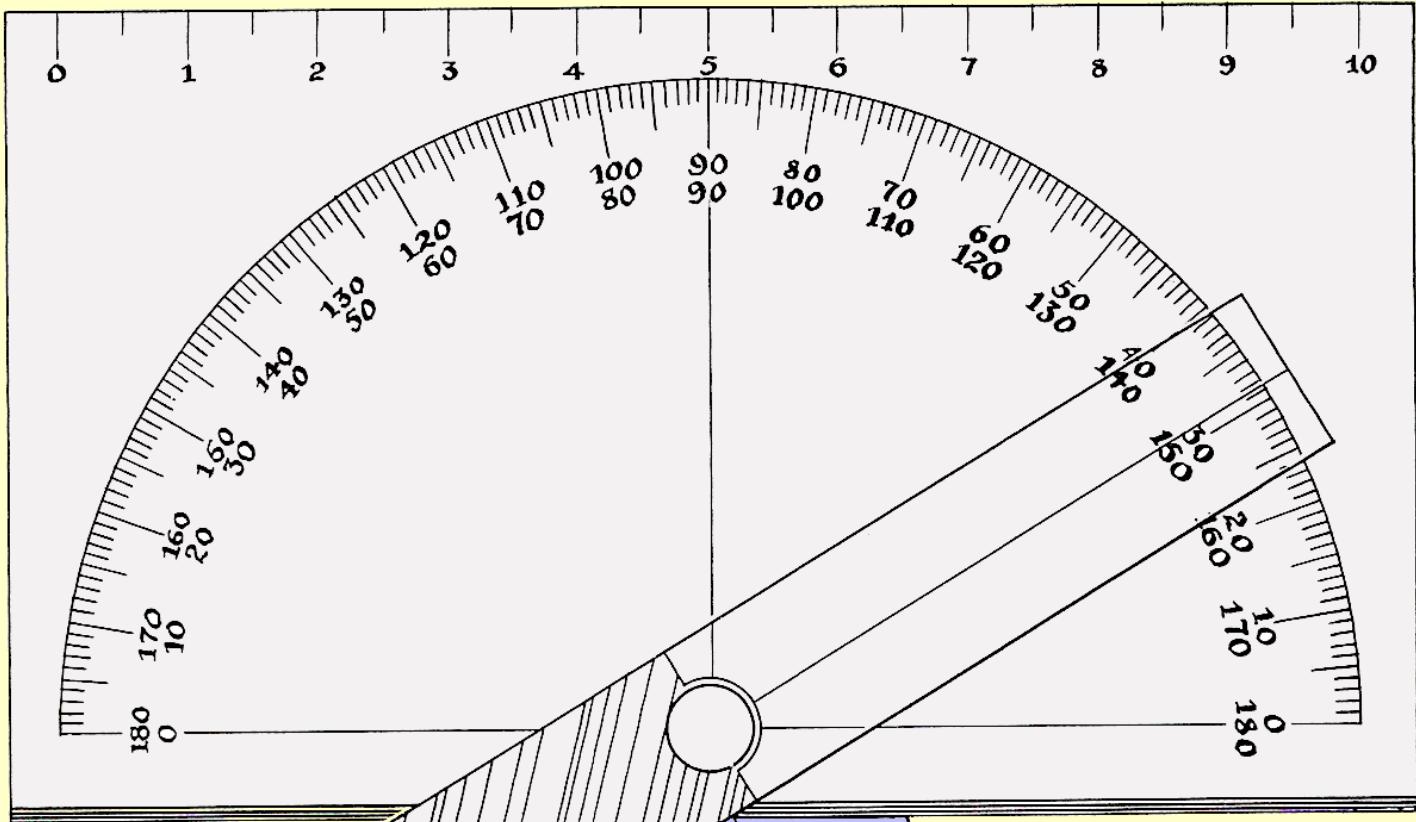


Χρήση γωνιομέτρου

Περιστρέφουμε τον κρύσταλλο κατά τον άξονά του (ή το οπτικό σύστημα του γωνιομέτρου) και μετράμε την γωνία μεταξύ δύο θέσεων με μέγιστη ανάκλαση φωτός

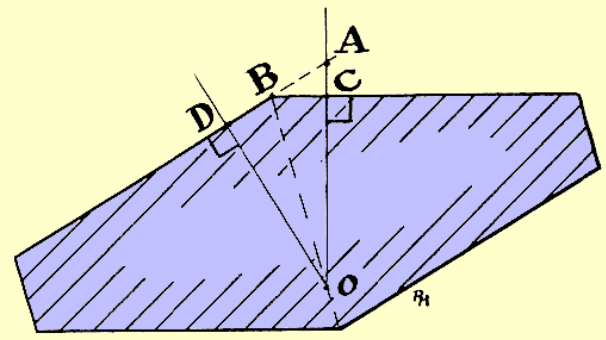


Για μεγάλους κρυστάλλους, καθώς και για τα μοντέλα του εργαστηρίου, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα απλό γωνιόμετρο όπως αυτό στα αριστερά

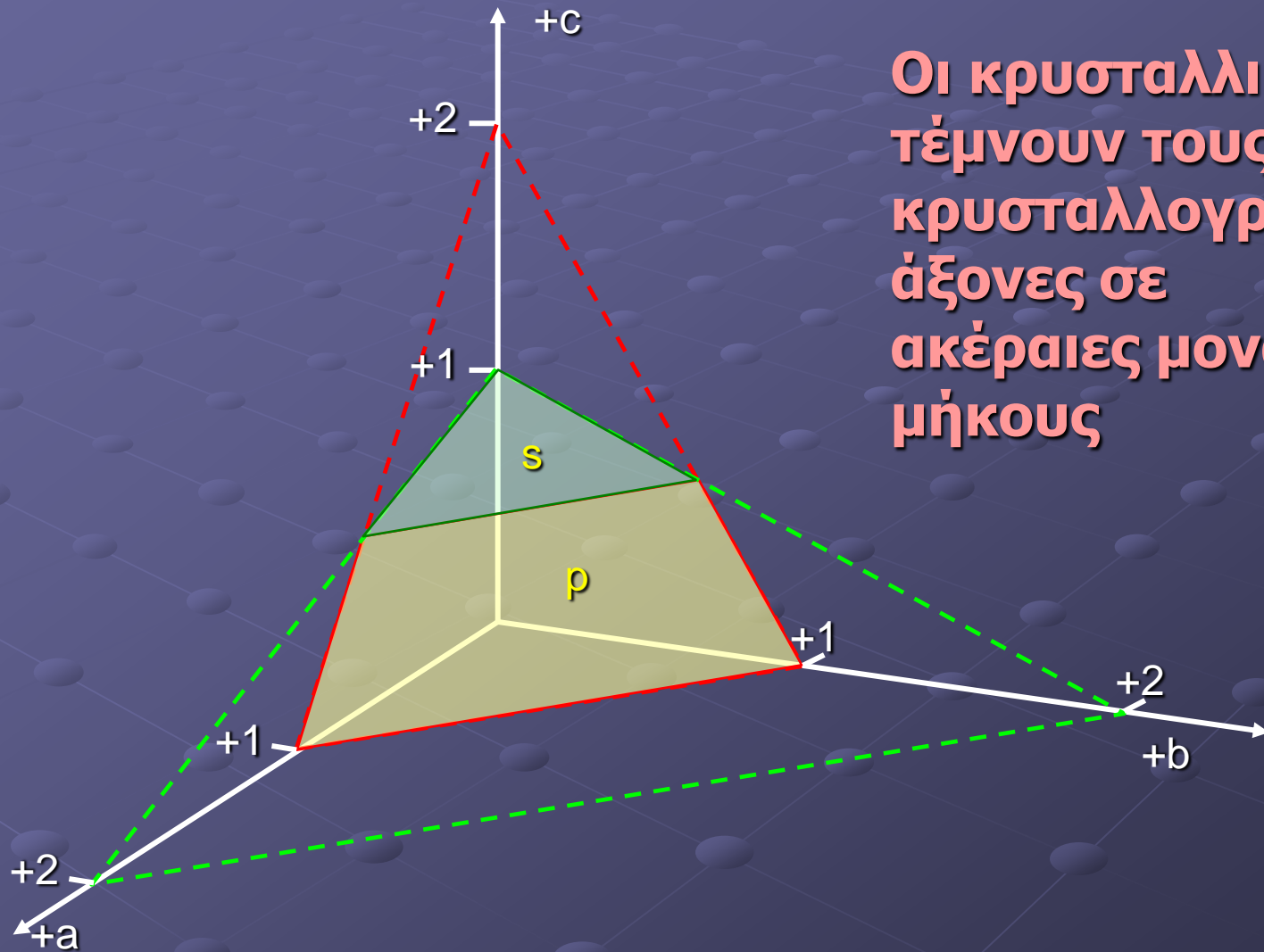


$CBD = 148\frac{1}{2}^\circ$

$COD = ABC = 31\frac{1}{2}^\circ$



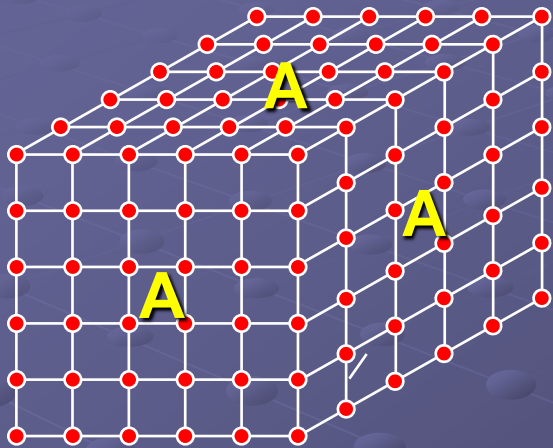
Νόμος του Haüy (1801)



Οι κρυσταλλικές έδρες τέμνουν τους κρυσταλλογραφικούς άξονες σε ακέραιες μονάδες μήκους

Νόμος του Bravais

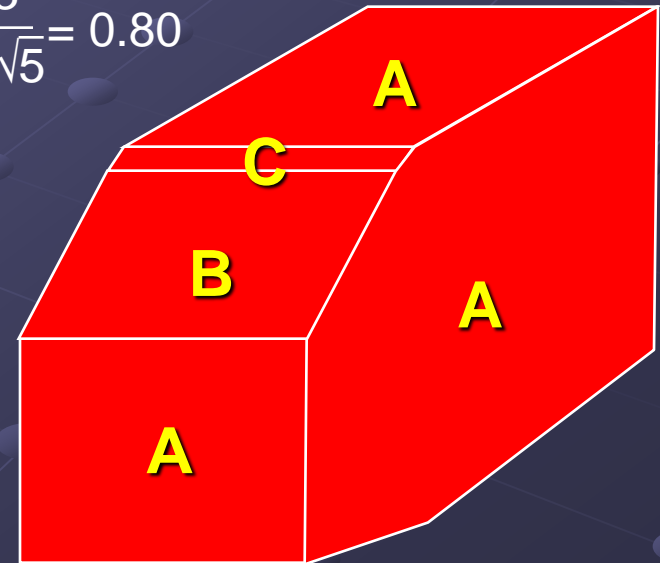
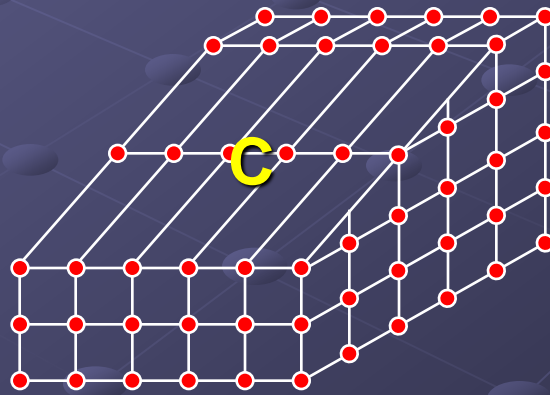
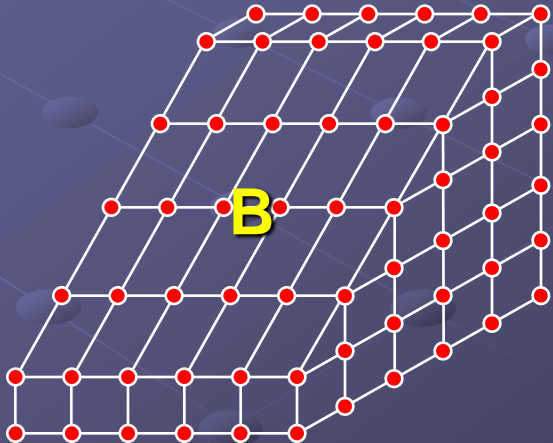
Συχνότερη εμφάνιση (και κατ' επέκταση μεγαλύτερο εμβαδόν) έχουν οι κρυσταλλικές έδρες που είναι παράλληλες σε κρυσταλλικά επίπεδα με μεγάλη πυκνότητα σε δομικές μονάδες (**σημεία πλέγματος**)



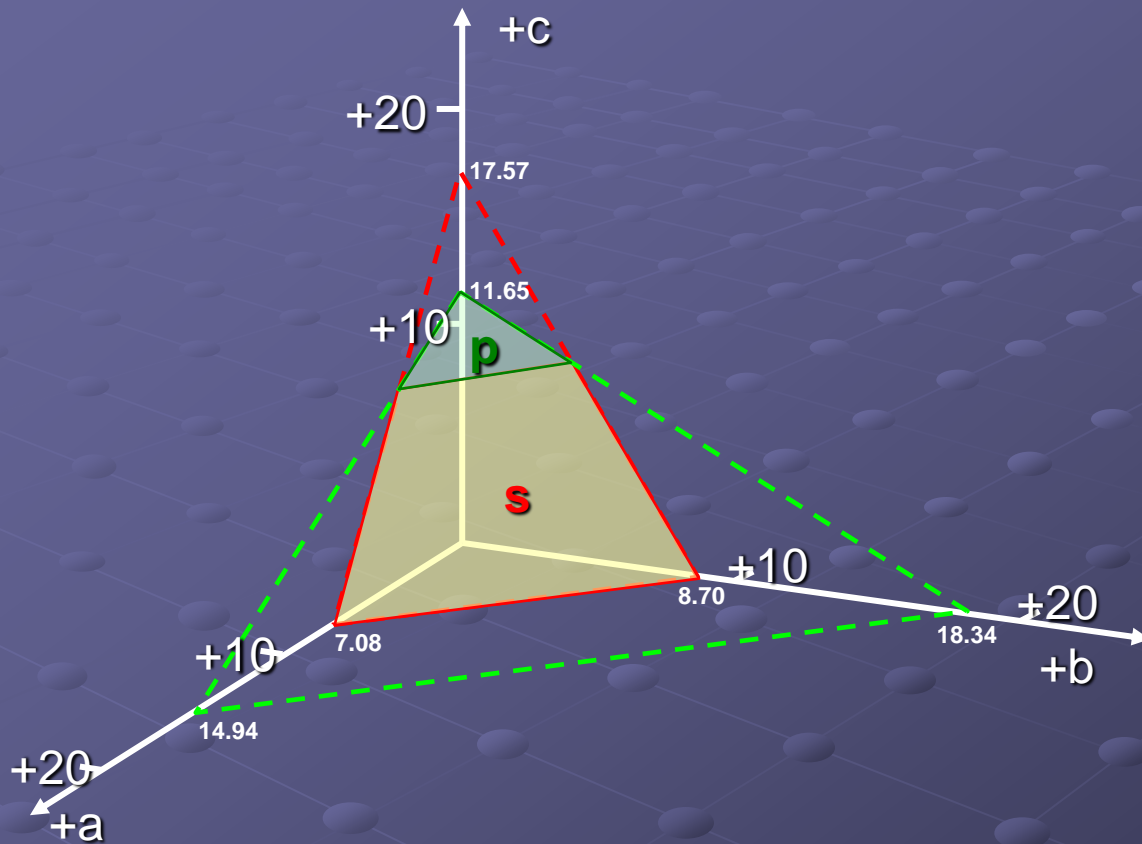
$$A = \frac{\text{σημεία}}{\text{εμβαδόν}} = \frac{6 \times 6}{5 \times 5} = 1.44$$

$$B = \frac{\text{σημεία}}{\text{εμβαδόν}} = \frac{6 \times 5}{5 \times 4\sqrt{2}} = 1.06$$

$$C = \frac{\text{σημεία}}{\text{εμβαδόν}} = \frac{6 \times 3}{5 \times 2\sqrt{5}} = 0.80$$



Δείκτες εδρών κατά Weiss



1. Μετράμε δύο έδρες ενός κρυστάλλου p και s .

2. Υπολογίζουμε σε ποιά σημεία αυτές τέμνουν τους άξονες a , b και c , π.χ.

$$s_a=7.08, \quad s_b=8.70, \quad s_c=17.57$$

$$p_a=14.94, \quad p_b=18.34, \quad p_c=11.65$$

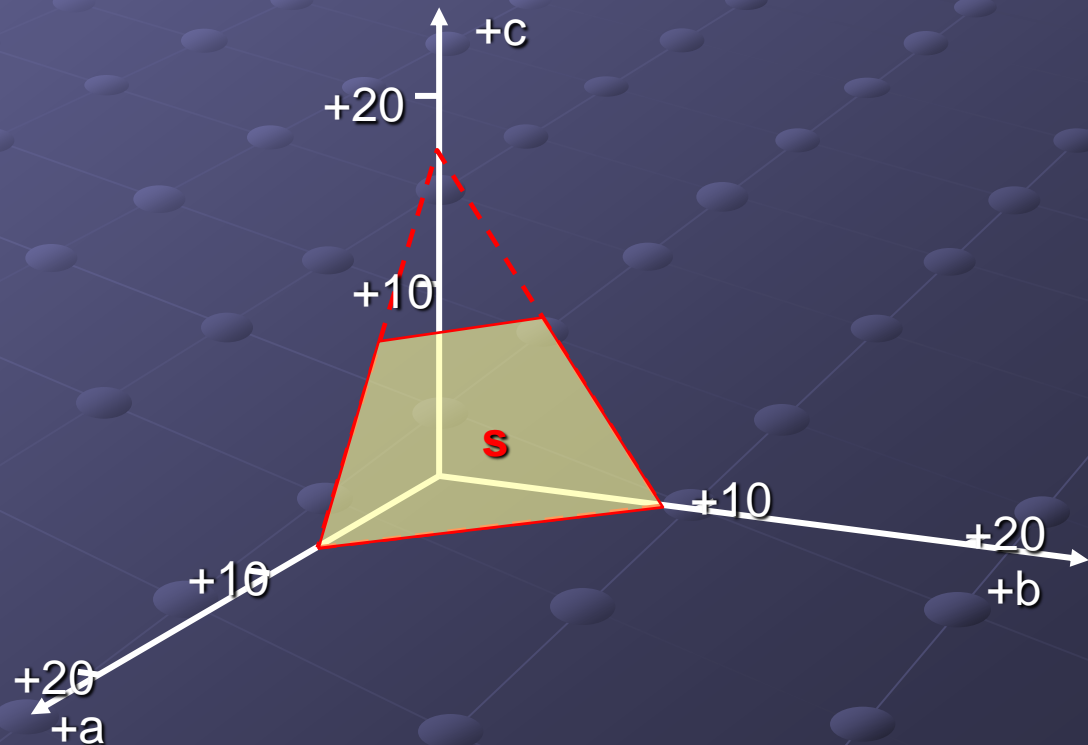
3. Από τις δύο έδρες μεγαλύτερη ανάπτυξη έχει η **s**, οπότε παίρνουμε την αναλογία:

$$\frac{p}{s} = \frac{p_a}{s_a} : \frac{p_b}{s_b} : \frac{p_c}{s_c} = \frac{14.94}{7.08} : \frac{18.34}{8.07} : \frac{11.65}{17.57} = 2.11 : 2.11 : 0.70$$

4. Κανονικοποιούμε το παραπάνω αποτέλεσμα με τον μικρότερο αριθμό:

$$\frac{2.11}{0.70} : \frac{2.11}{0.70} : \frac{0.70}{0.70} = 3.003 : 2.998 : 1.000 = 3:3:1$$

5. Το **(331)** είναι οι δείκτες



Δείκτες εδρών κατά Miller

1. Αν αντιστρέψουμε τους δείκτες Weiss (331) έχουμε $\left(\frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{1}\right)$

2. Πολλαπλασιάζοντας με το 3 που είναι ο κοινός παράγοντας των κλασμάτων έχουμε:

(113) Δείκτες Miller

3. Η γενικευμένη μορφή των δεικτών Miller είναι:

(h k l) όπου $h \geq 0$, $k \geq 0$ και $l \geq 0$

4. Οι δείκτες Miller μπορούν να πάρουν και αρνητικές τιμές αν τέμνουν το αρνητικό μέρος των αξόνων, π.χ.:

$$(\bar{h} \bar{k} \bar{l}) \text{ ή } (10\bar{1}) \text{ ή } (1\bar{1}1) \text{ ή } (\bar{2}1\bar{1}) \text{ κ.τ.λ.}$$

5. Για το Εξαγωνικό και Τριγωνικό σύστημα όπου αντί για άξονες **a, b** έχουμε **a₁, a₂, a₃** γράφουμε τους δείκτες ως εξής:

$$(h k i l), \text{ όπου } h+k+i=0$$

$$\text{ή καλύτερα } (h k * l) \text{ καθώς } i = -(h+k)$$

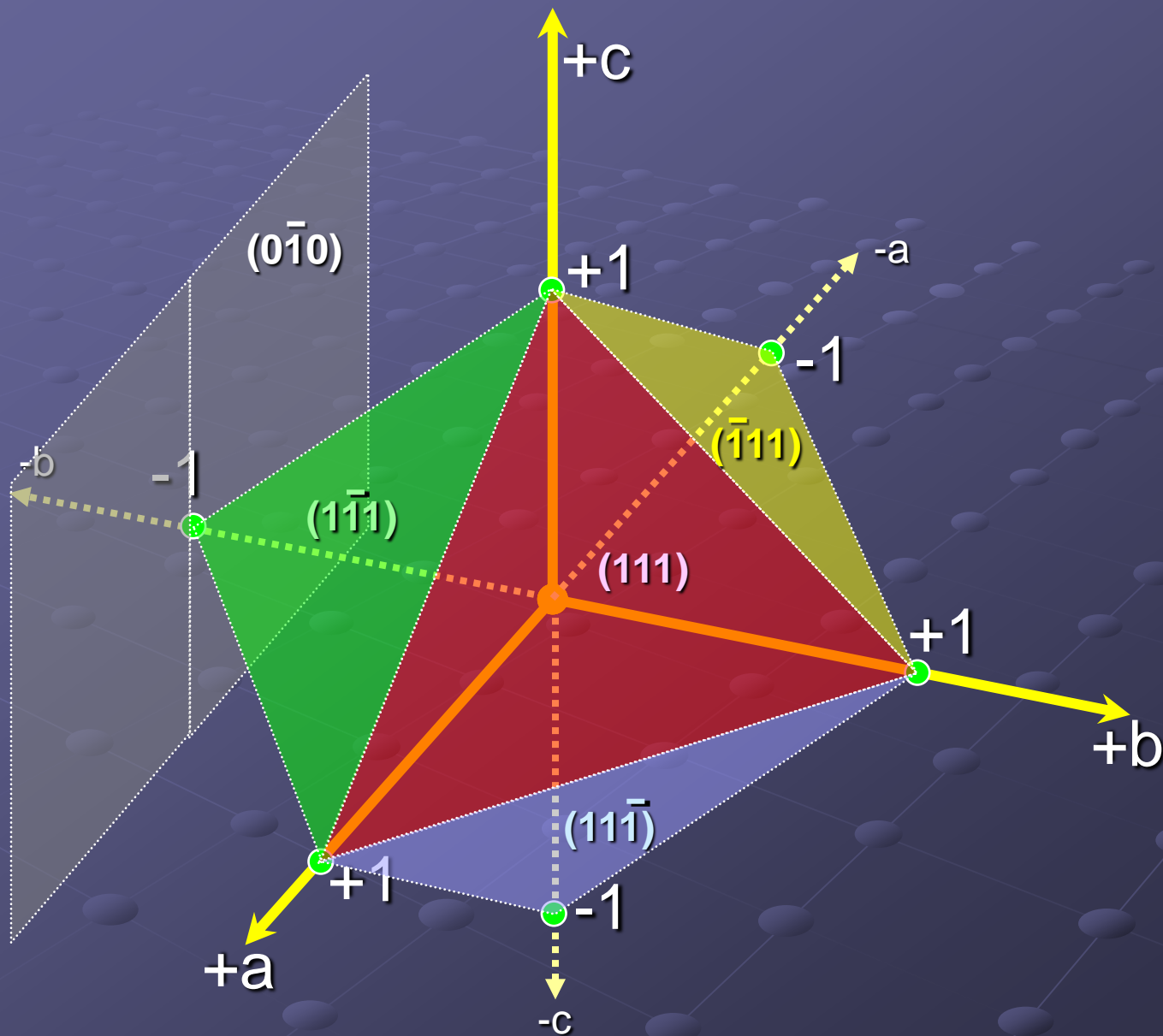
- Τους δείκτες Miller τους υπολογίζουμε επίσης όπως και τους Weiss αλλά με την διαφορά ότι διαιρούμε πλέον τις συντεταγμένες της **βασικής έδρας (με την μεγαλύτερη ανάπτυξη/εμβαδόν στον κρύσταλλο)** με τις συντεταγμένες των άλλων εδρών. Έπειτα κανονικοποιούμε ώστε να πάρουμε ακέραιους αριθμούς (οι δείκτες θα πρέπει να έχουν τιμές ακέραιων αριθμών σύμφωνα με τον Νόμο του Haüy).
- Πάντα κανονικοποιούμε τους δείκτες με το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο, π.χ. έστω και αν προκύπτουν από τους υπολογισμούς δείκτες όπως (224), αυτοί θα γίνουν (112) διαιρώντας με το 2 που είναι το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιό τους. Επίσης το (363) θα γίνει (121) αφού διαιρέσουμε με το 3
- Οι δείκτες στην γενική γραφή τους συμβολίζονται με (hkl) . Αντίστοιχα, είναι επιτρεπτές και οι μορφές όπως $(0kl)$, $(h0l)$, $(hk0)$ κτλ. Ωστόσο ποτέ δεν γράφουμε (hhh) αλλά πάντα (111). Ούτε $(0k0)$ αλλά (010)

Σημασία των δεικτών Miller

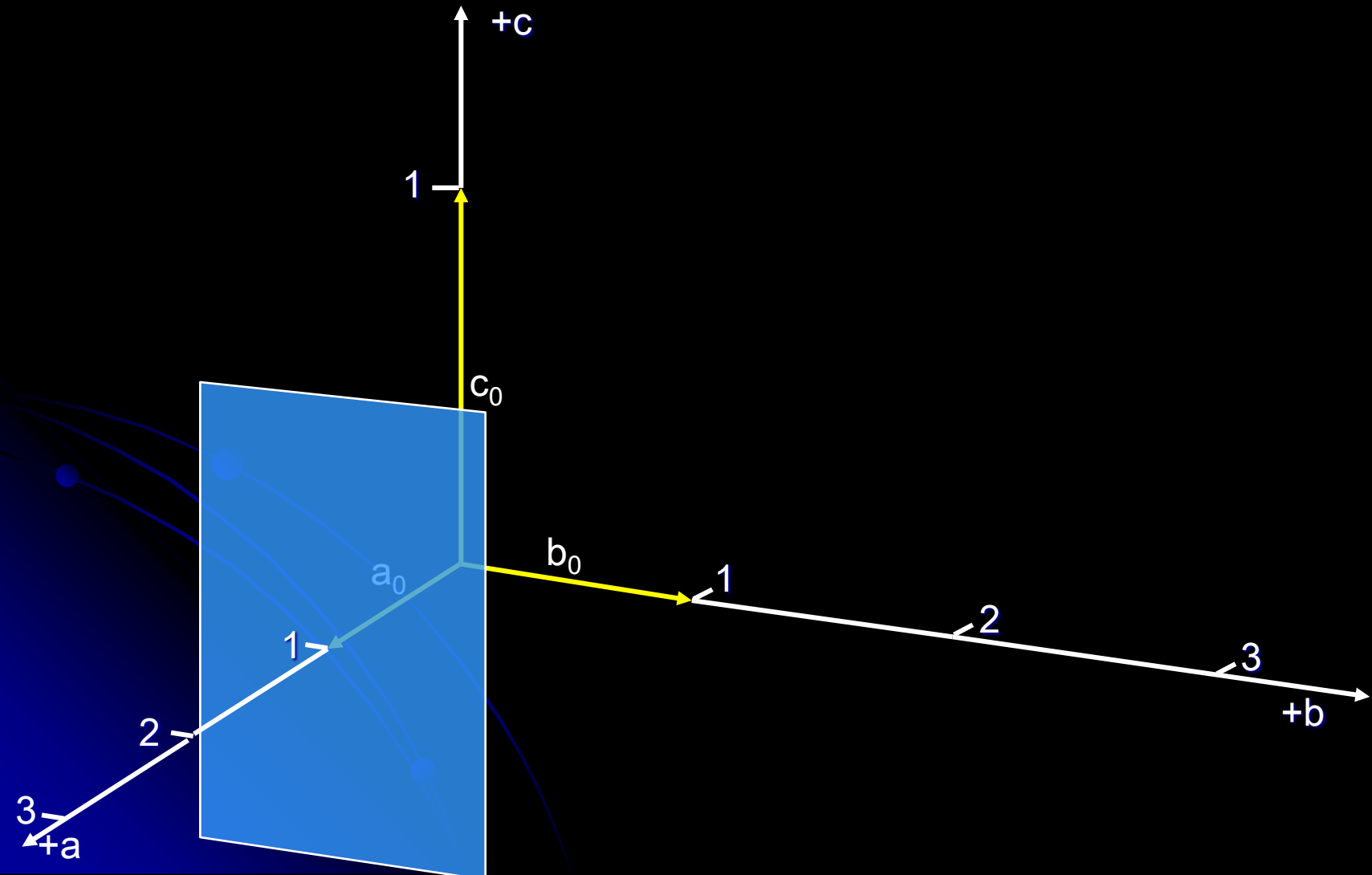
Με την χρήση των δεικτών Miller αποφεύγουμε το σύμβολο του "άπειρου" ∞ που εμφανίζεται στους δείκτες Weiss για έδρες που είναι παράλληλες με ένα ή δύο άξονες συντεταγμένων.

Έτσι, κατά Weiss μια έδρα που είναι κάθετη στον άξονα $+a$ είναι παράλληλη προς τους άξονες b και c και έχει δείκτες $(1\infty\infty)$. Αυτή η έδρα κατά Miller έχει δείκτες (100) .

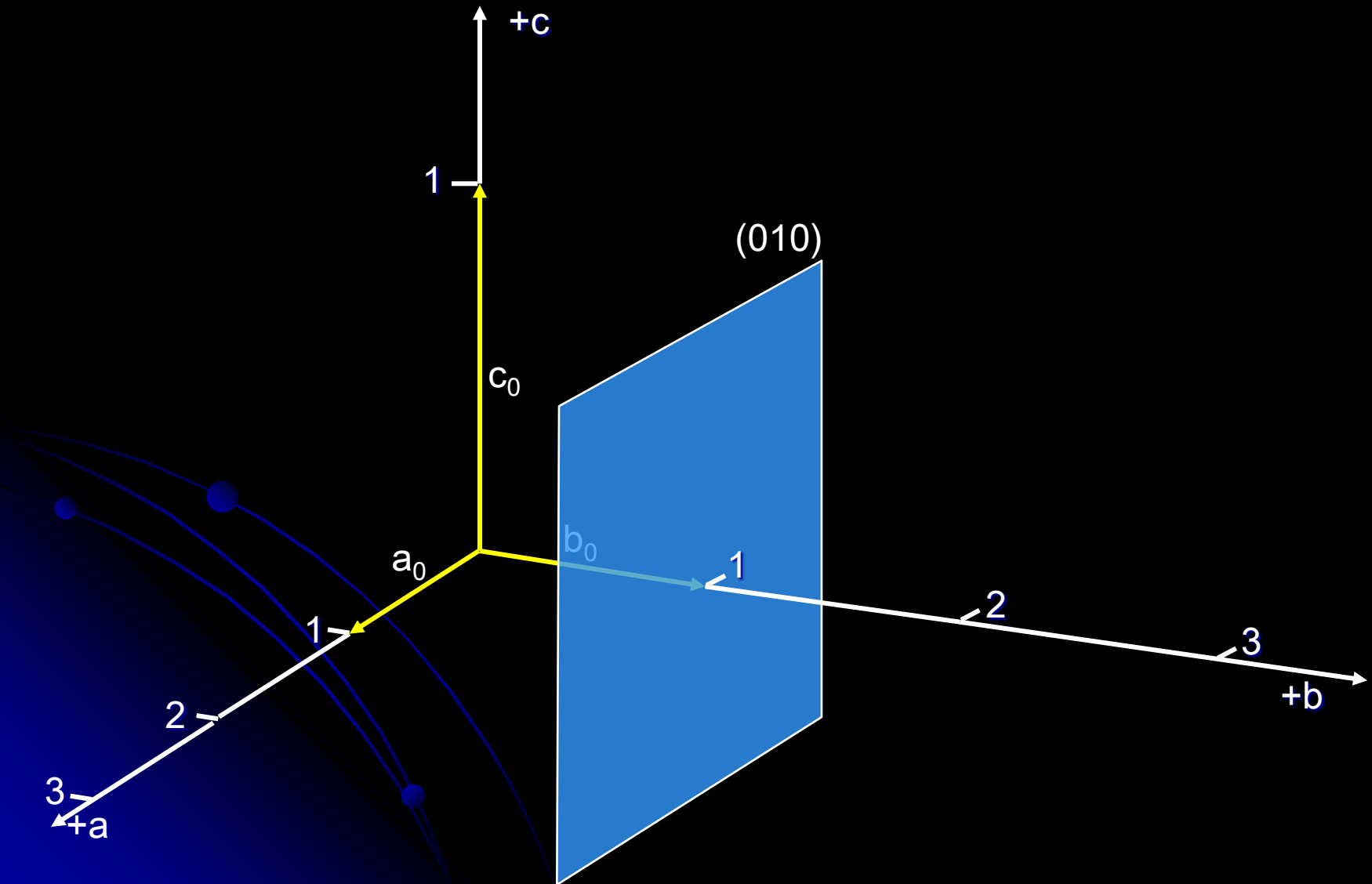
Δείκτες Miller



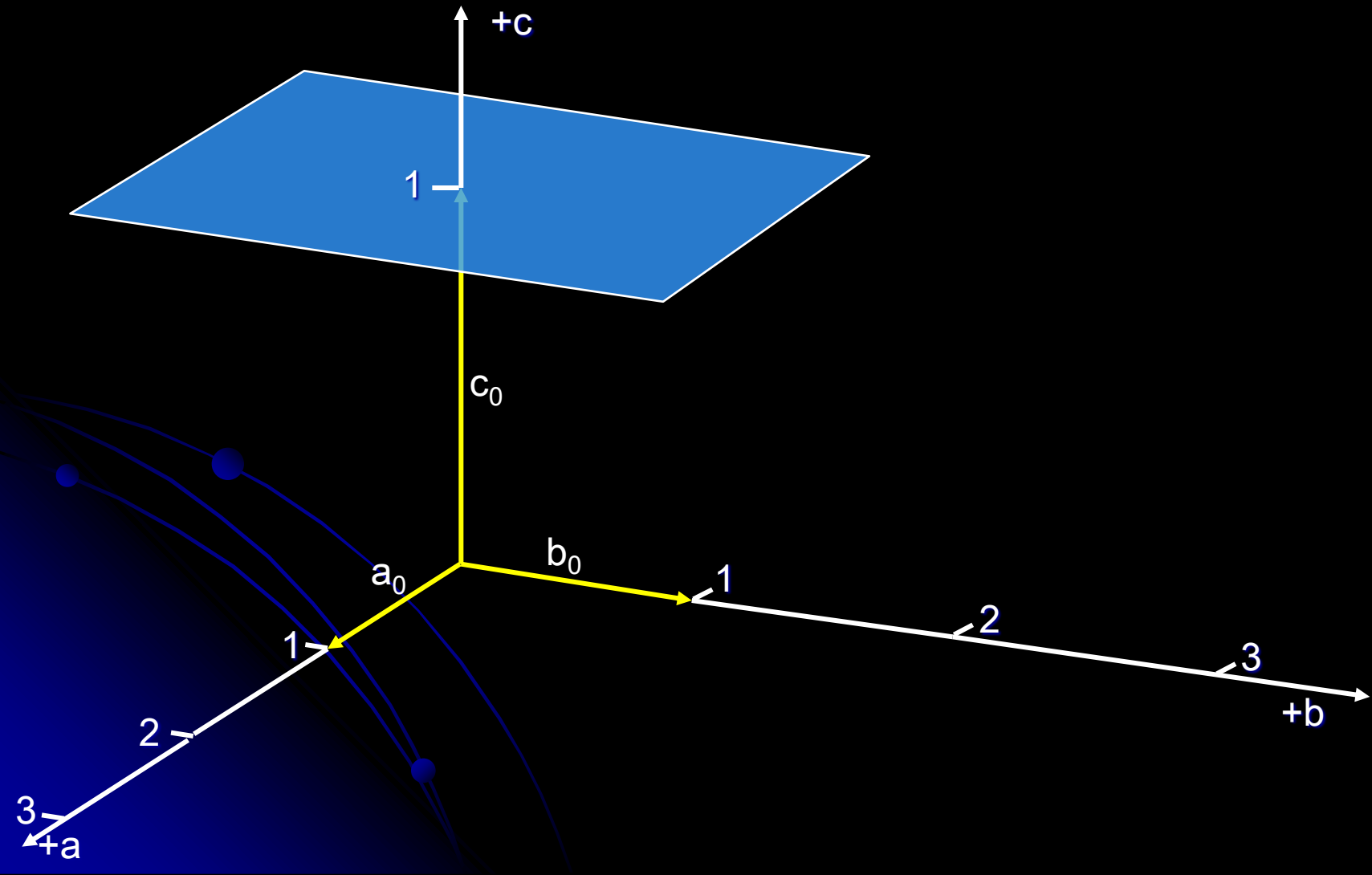
Το επίπεδο (100)



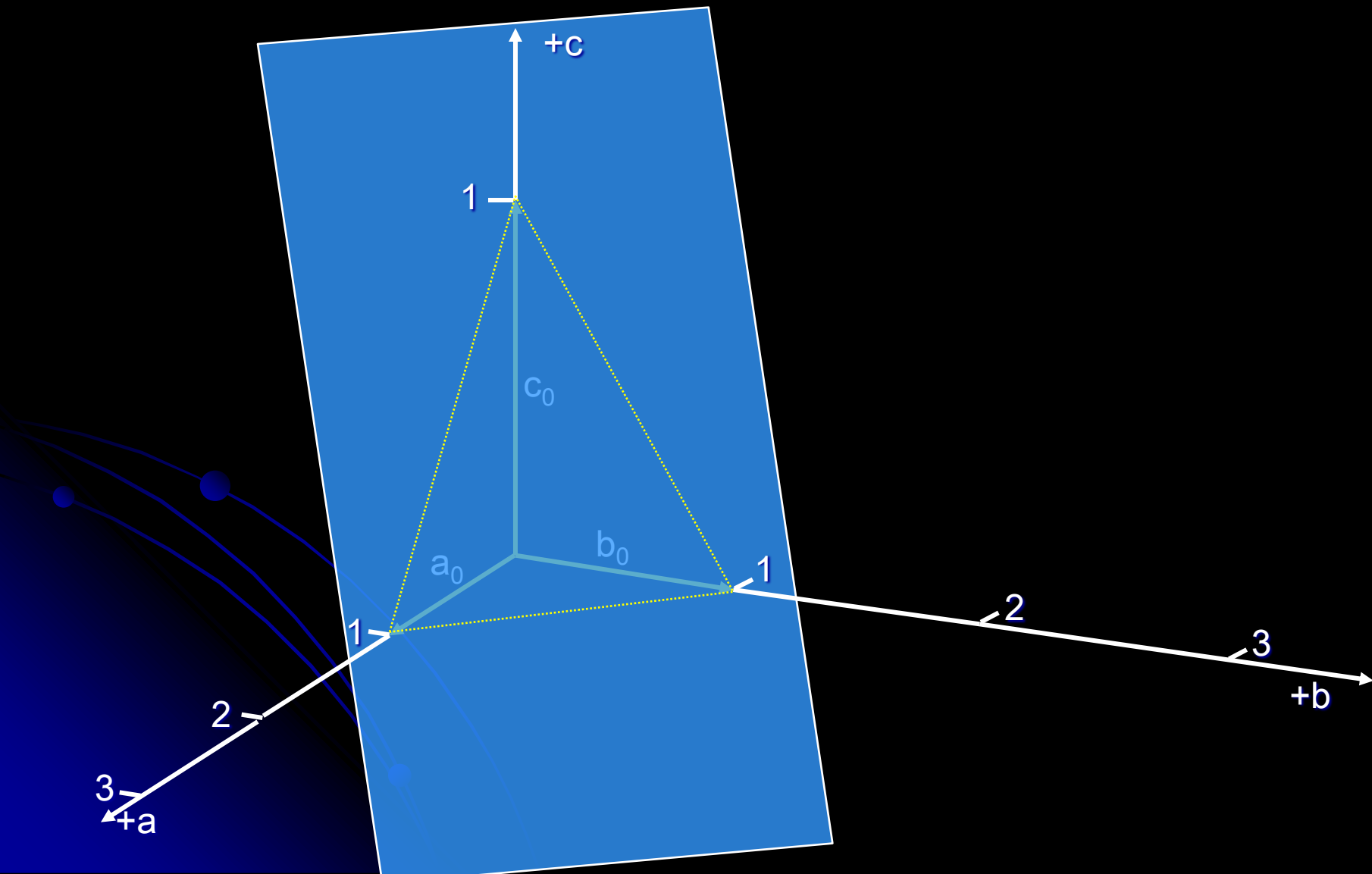
Το επίπεδο (010)



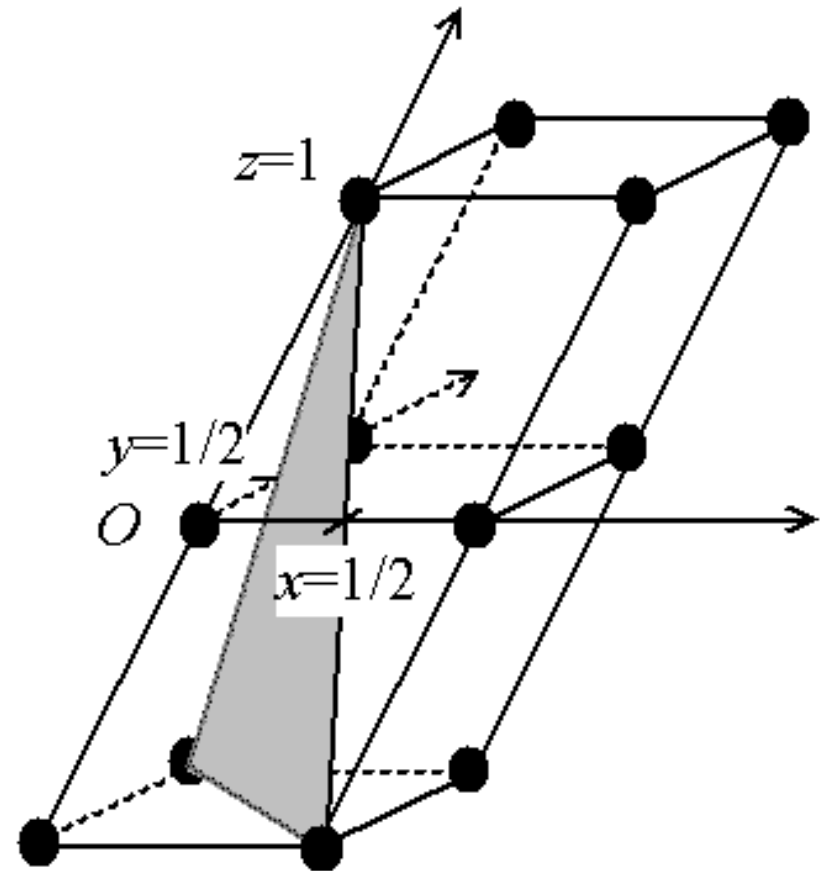
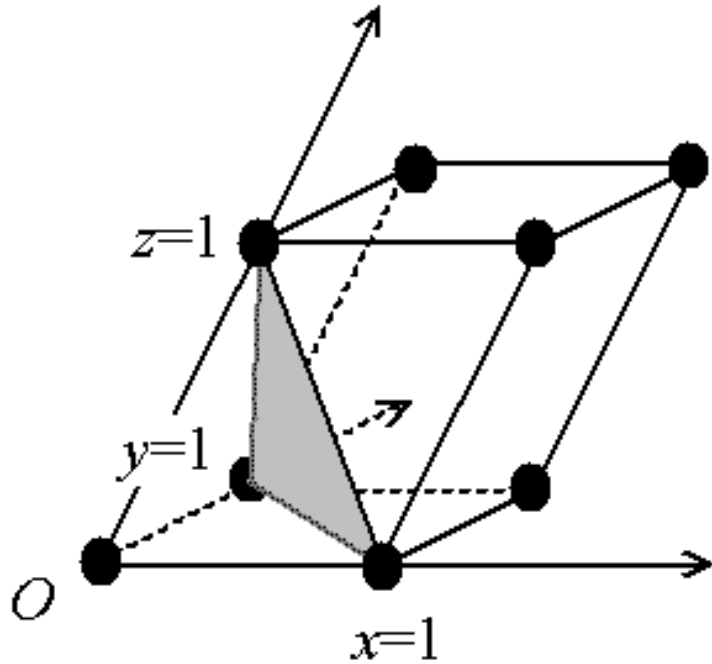
Το επίπεδο (001)



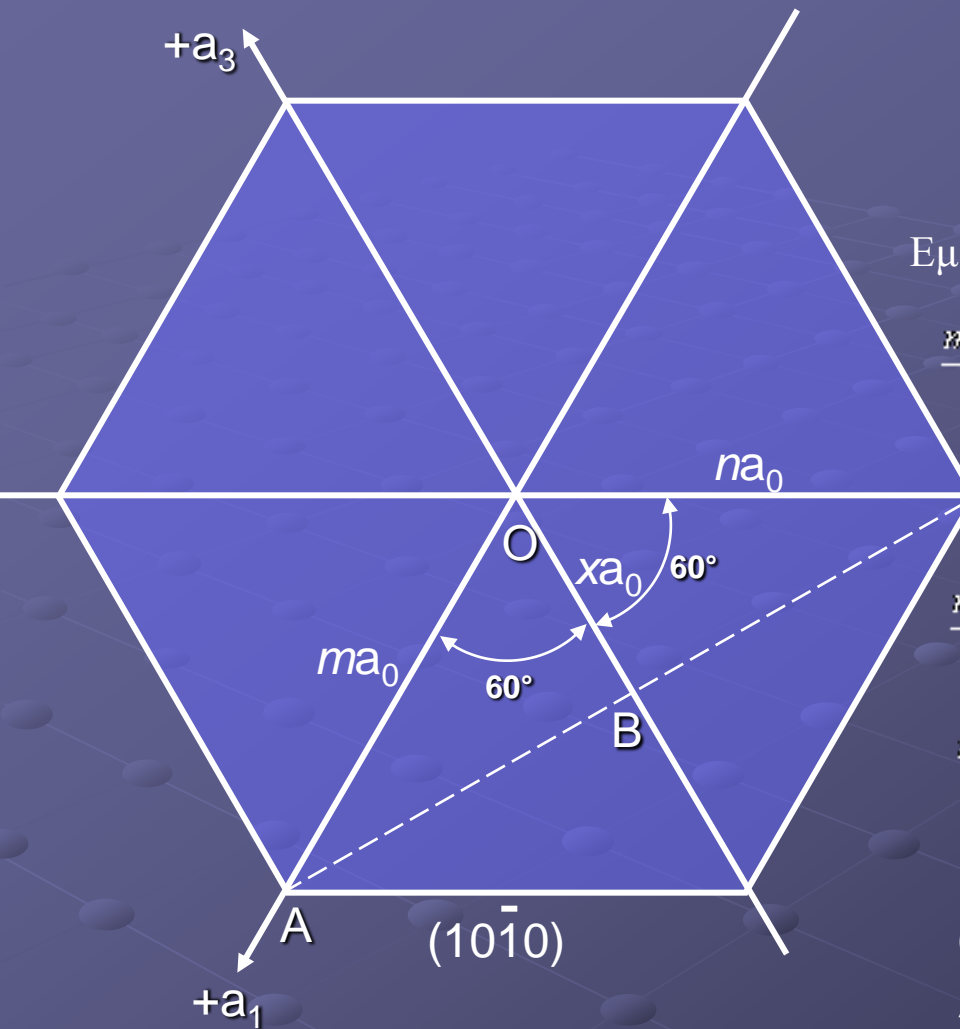
Το επίπεδο (111)



Τα επίπεδα (111) και (221)



Γιατί στο εξαγωνικό και τριγωνικό σύστημα ισχύει το $h+k+i = 0$;



Ισχύει:

Εμβαδόν(\triangle ΟΑΓ) = Εμβαδόν(\triangle ΟΑΒ) + Εμβαδόν(\triangle ΟΒΓ) \rightarrow

$$\frac{ma_0 \cdot na_0 \cdot \sin 120^\circ}{2} = \frac{ma_0 \cdot xa_0 \cdot \sin 60^\circ}{2} + \frac{na_0 \cdot xa_0 \cdot \sin 60^\circ}{2} \Rightarrow$$

και επειδή $\sin 120^\circ = \sin 60^\circ$

$$\frac{ma_0 \cdot na_0 \cdot \sin 60^\circ}{2} = \frac{ma_0 \cdot xa_0 \cdot \sin 60^\circ}{2} + \frac{na_0 \cdot xa_0 \cdot \sin 60^\circ}{2} \Rightarrow$$

$$\cancel{nm} \cdot \frac{a_0^2 \cdot \sin 60^\circ}{2} = \cancel{xm} \cdot \frac{a_0^2 \cdot \sin 60^\circ}{2} + \cancel{xn} \cdot \frac{a_0^2 \cdot \sin 60^\circ}{2} \Rightarrow$$

$$nm = xm + xn \Rightarrow nm = x(m+n) \Rightarrow x = \frac{nm}{n+m}$$

Οι παράμετροι Weiss είναι: $ma_1 : na_2 : -xa_3$

Άρα οι Miller είναι:

$$h = \frac{1}{m} \quad k = \frac{1}{n} \quad i = -\frac{1}{x} = -\left(\frac{n+m}{nm}\right) \quad \text{ΟΠΩΣΤΕ}$$

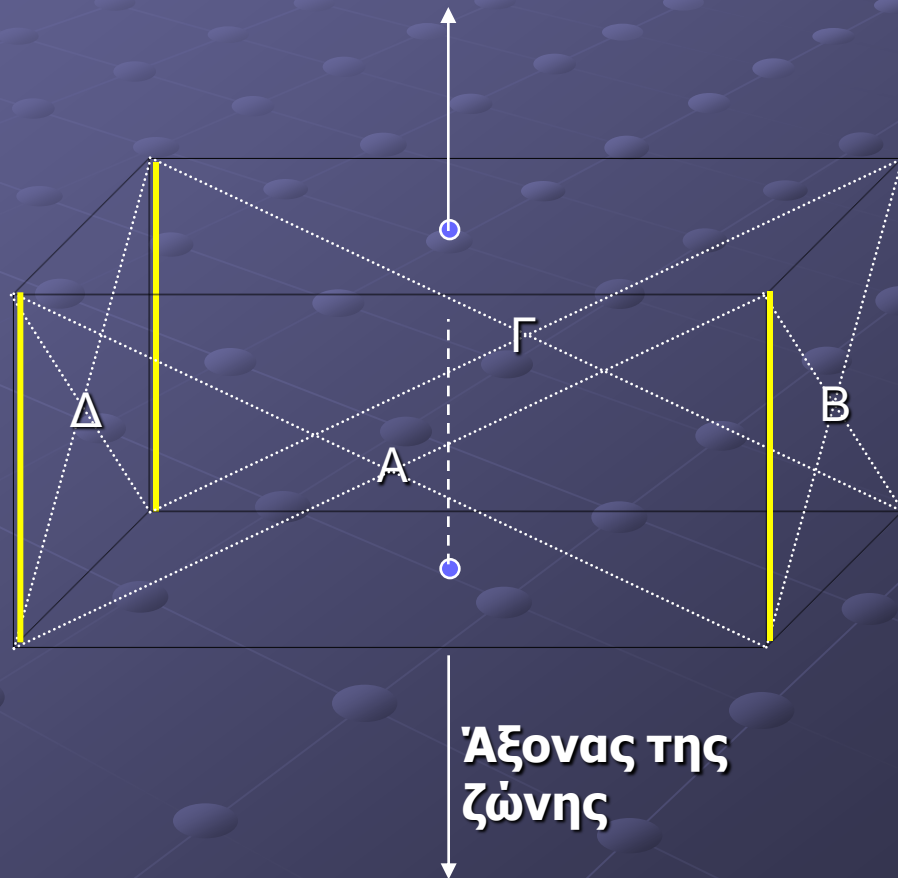
$$h+k+i = \frac{1}{m} + \frac{1}{n} - \left(\frac{n+m}{nm}\right) = \left(\frac{n+m}{nm}\right) - \left(\frac{n+m}{nm}\right) = 0$$

Η πλευρά $(10\bar{1}0)$ π.χ. έχει άθροισμα $h+k+i = 1+0+(-1) = 1-1 = 0$.

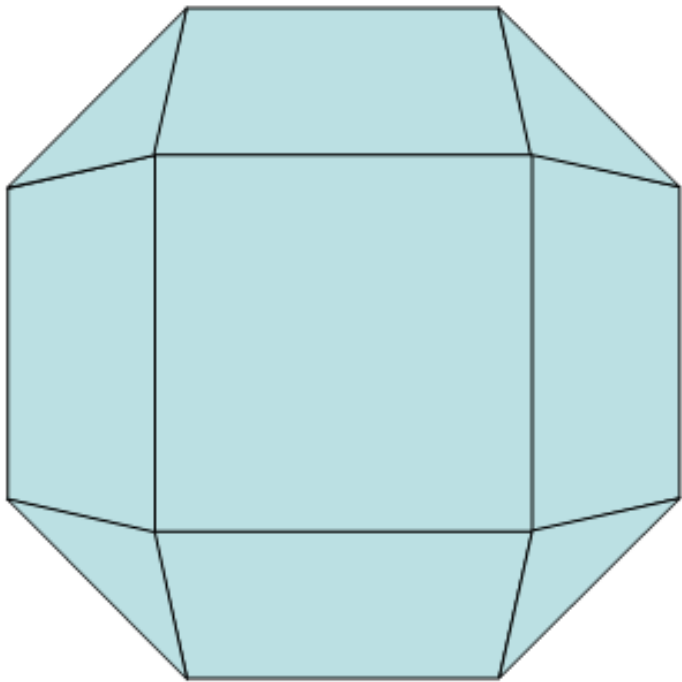
ΖΩΝΕΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΕΔΡΩΝ

Οι ζώνες είναι μια ομάδα κρυσταλλικών εδρών που είναι παράλληλες σε έναν άξονα (έχουν ακμές παράλληλες μεταξύ τους)

Οι έδρες Α, Β, Γ και Δ αποτελούν μια ζώνη και είναι παράλληλες στον άξονα του σχήματος



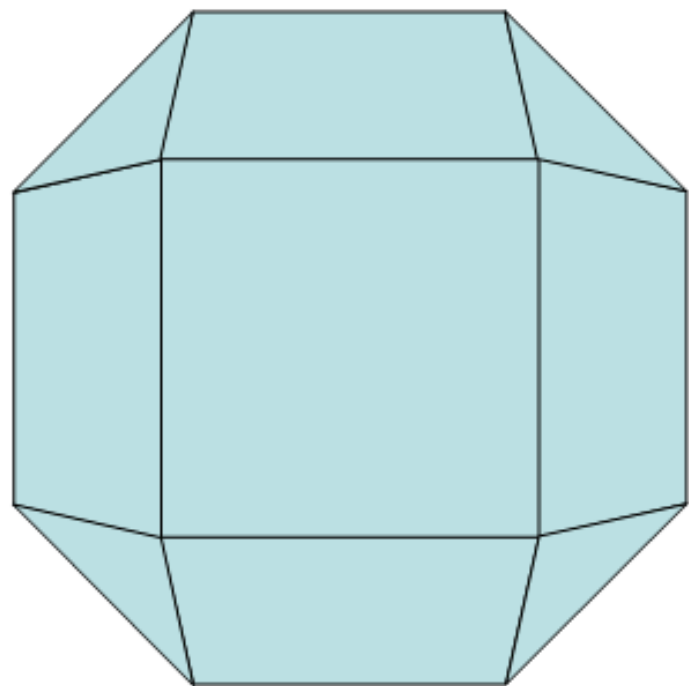
Παράδειγμα ζώνης εδρών



Οι ακμές που γίνονται **κόκκινες**
είναι παράλληλες μεταξύ τους

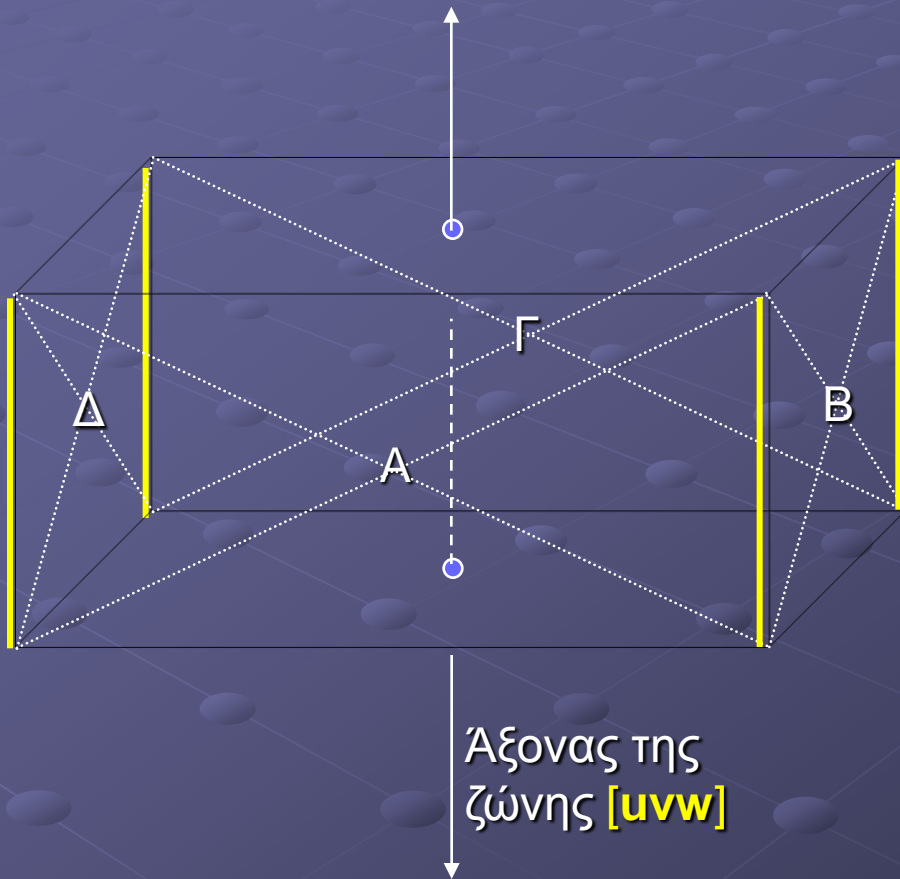
Οι έδρες που περιέχουν αυτές
αποτελούν μία **ζώνη**

Παράδειγμα δύο ζωνών και κοινής έδρας



Μια έδρα μπορεί
να ανήκει σε
περισσότερες
ζώνες

Ο άξονας της ζώνης μπορεί να έχει επίσης δείκτες Miller **[*uvw*]** οι οποίοι υπολογίζονται ως εξής:



1. Έστω δύο έδρες με δείκτες (*hkl*) και (*qrs*).

2. Σχηματίζουμε το παρακάτω πίνακα:

$$\begin{array}{c|cc|cc|c}
 h & k & l & h & k & l \\
 & \swarrow & \searrow & \swarrow & \searrow & \\
 & u & v & w & & \\
 q & r & s & q & r & s
 \end{array}$$

3. Κάνουμε τις πράξεις όπως παρακάτω:

$$u = k * s - l * r$$

$$v = l * q - h * s$$

$$w = h * r - k * q$$

4. Οπότε η ζώνη έχει δείκτες **[*uvw*]**

Παράδειγμα υπολογισμού ζωνών

Έστω δύο έδρες με δείκτες (100) και (010).

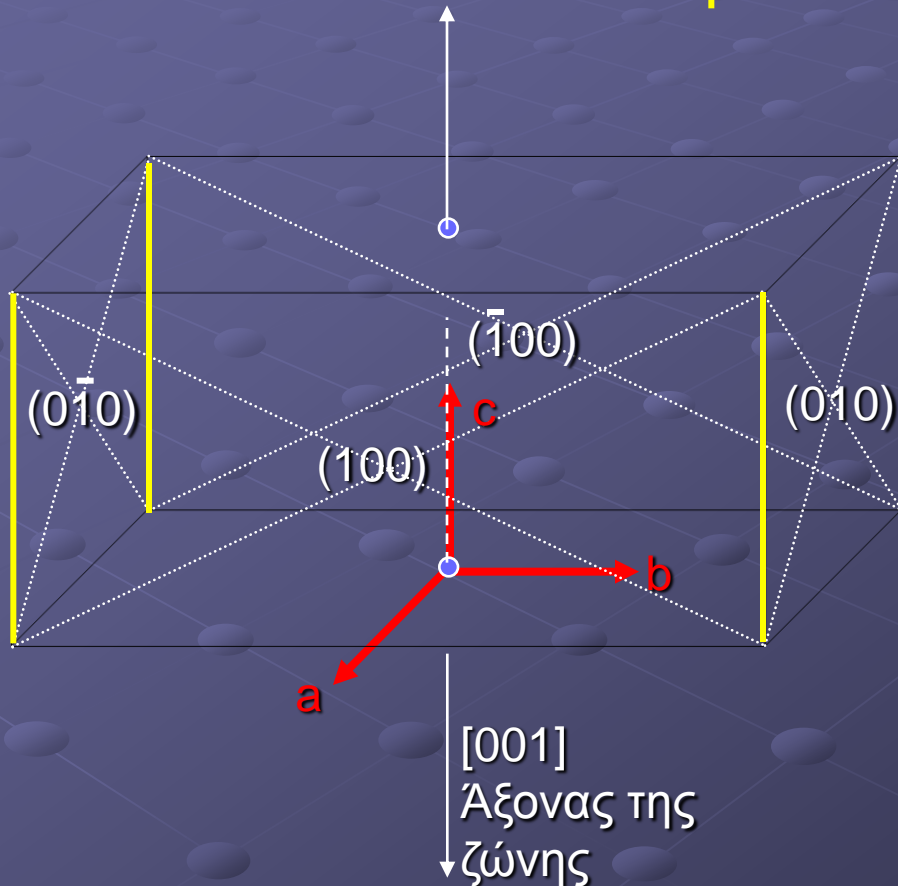
Σχηματίζουμε το πίνακα:

$$\begin{array}{c|ccc|c} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ & \swarrow & \searrow & \swarrow & \searrow & \\ & u & v & w & & \\ & \swarrow & \searrow & \swarrow & \searrow & \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} u = 0 * 0 - 0 * 1 = 0 \\ v = 0 * 0 - 0 * 1 = 0 \\ w = 1 * 1 - 0 * 0 = 1 \end{array}$$

Οπότε η ζώνη έχει δείκτες [001].

Με τον ίδιο τρόπο αν διαλέγαμε τις έδρες (100) και (0 $\bar{1}$ 0), η ζώνη θα είχε δείκτες τους [00 $\bar{1}$] που ωστόσο ταυτίζεται με τον [001].

Επίσης (010) με ($\bar{1}$ 00) δίνει πάλι [001], καθώς και οι (010) με ($\bar{1}$ 00).



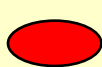



ΠΡΟΣΟΧΗ: αν διαλέγουμε τις έδρες δεξιόστροφα (από τον άξονα a προς τον b) βγάζουμε πάντα το ίδιο αποτέλεσμα. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση οι άξονες θα ταυτίζονται.

Πότε μια έδρα ανήκει σε ζώνη

- Έστω η Ζώνη [210]. Να βρεθεί αν η έδρα (103) ανήκει στη ζώνη:
 - Από το άθροισμα των γινομένων
 $2*1 + 1*0 + 0*3 = 2 \neq 0$
συμπεραίνουμε ότι η έδρα δεν ανήκει στη ζώνη.
- Έστω η Ζώνη [112]. Να βρεθεί αν η έδρα (31-2) ανήκει στη ζώνη:
 - Από το άθροισμα των γινομένων
 $1*3 + 1*1 + 2*(-2) = 3+1-4 = 0$
συμπεραίνουμε ότι η έδρα ανήκει στη ζώνη.
- Γενικά, αν το άθροισμα των γινομένων των δεικτών της ζώνης με την έδρα είναι μηδέν, τότε λέμε ότι η έδρα ανήκει στη ζώνη. Σε κάθε άλλη περίπτωση δεν ανήκει.

ΣΥΝΟΨΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

- Άξονες συμμετρίας

L^2 (), L^3 (), L^4 (), L^6 ()

- Επίπεδα συμμετρίας

P^2 , P^3 , P^4 , P^6

- Κέντρο συμμετρίας

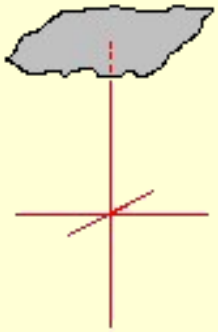
C

- Δείκτες εδρών κρυστάλλου (σε παρενθέσεις):
(hkl), π.χ. (100), (010), (001), (111) για
κρύσταλλο του Κυβικού
- * Κρυσταλλογραφικά *ισοδύναμες* έδρες {σε άγκιστρα}:
{hkl}, π.χ. {100} για το Κυβικό σημαίνει όλες οι
κρυσταλλικές έδρες του εξαέδρου
- Δείκτες ζώνης (άξονας ζώνης ή ακόμη και
κρυσταλλογραφικό άνυσμα) [σε αγκύλες]:
[uvw], π.χ. [001], κ.λ.π.
- * Ομάδα κρυσταλλογραφικών ανυσμάτων:
<uvw>, π.χ. <001>, κ.λ.π.

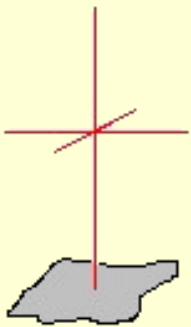
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΟΕΙΔΕΣ

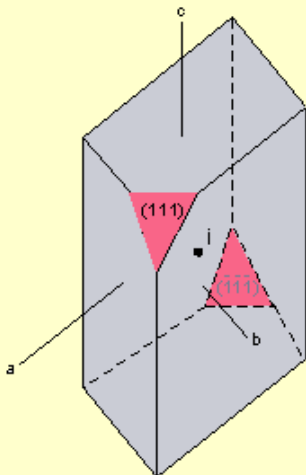
ΠΕΔΙΟΝ Ι



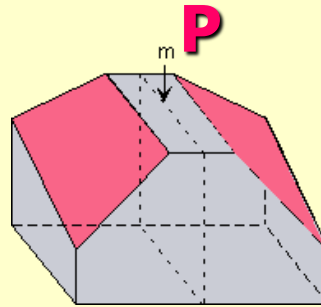
ΠΕΔΙΟΝ ΙΙ



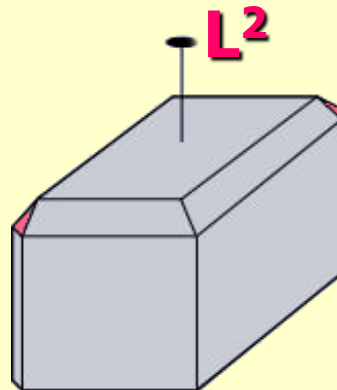
Πινακοειδές $\{111\}$



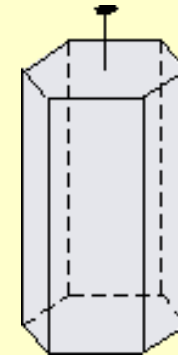
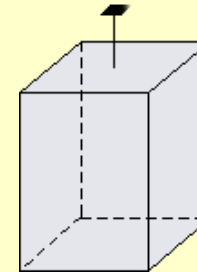
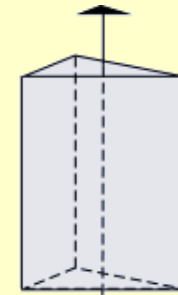
ΘΟΛΟΣ



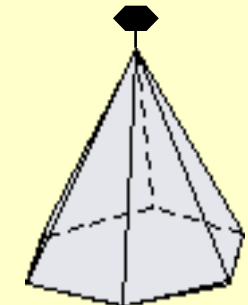
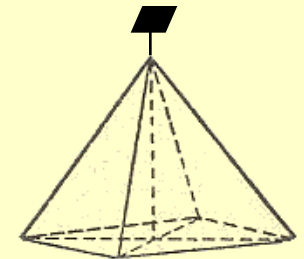
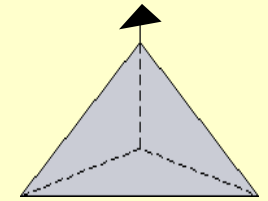
ΣΦΗΝΟΕΙΔΕΣ



ΠΡΙΣΜΑΤΑ

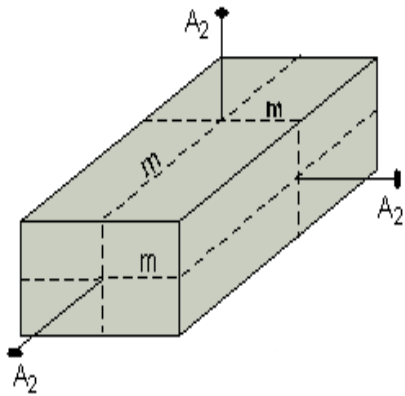


ΠΥΡΑΜΙΔΕΣ



ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΑΤΑ HERMANN-MAUGUIN

$$m = P, A_2 = L^2, A_3 = L^3, A_4 = L^4$$

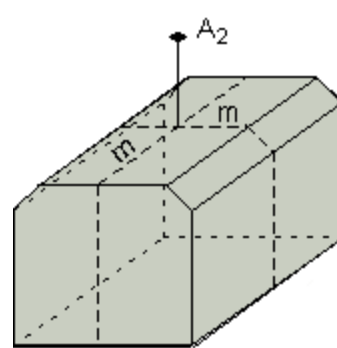


$$3A_2, 3m, i$$

$$3A_2 = 2 \ 2 \ 2$$

$$2m \ 2m \ 2m$$

$$\boxed{2/m2/m2/m}$$

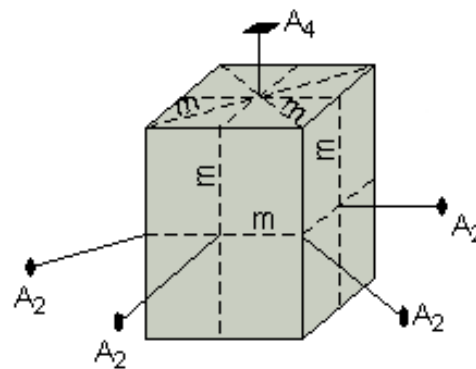


$$1A_2, 2m$$

$$1A_2 = 2$$

$$2 \ m \ m$$

$$\boxed{2mm}$$

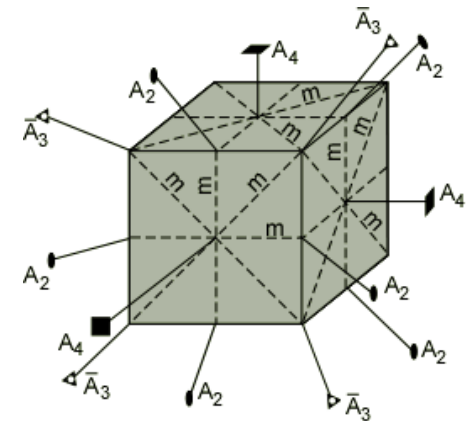


$$1A_4, 4A_2, 5m, i$$

$$1A_4, 4A_2 = 4 \ 2 \ 2$$

$$4m \ 2m \ 2m$$

$$\boxed{4/m2/m2/m}$$



$$3A_4, 4\bar{A}_3, 6A_2, 9m, i$$

$$3A_4, 4\bar{A}_3, 6A_2 = 4 \ \bar{3} \ 2$$

$$4m \ \bar{3} \ 2m$$

$$\boxed{4/m \ \bar{3} \ 2/m}$$

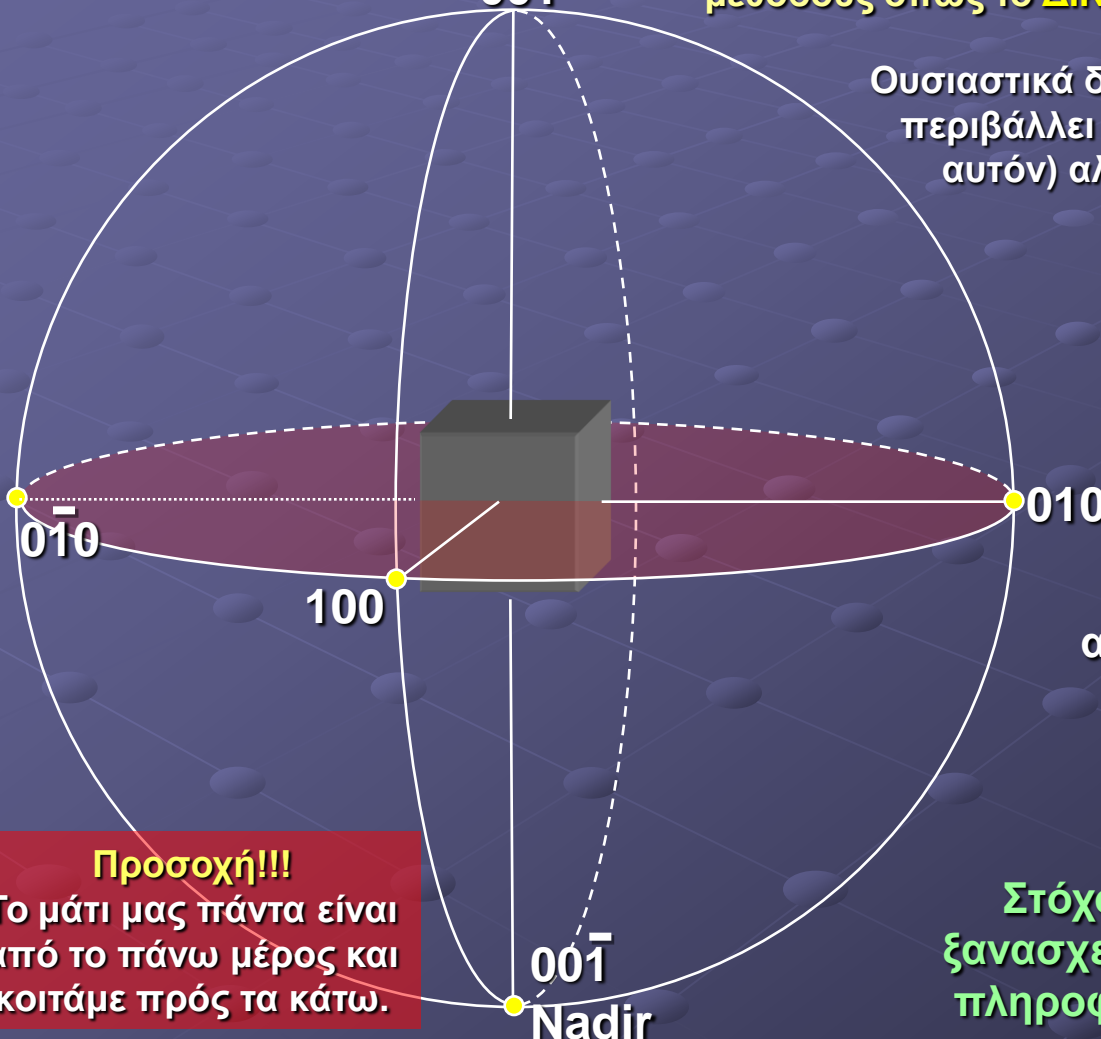
ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΤΑΞΗ	ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ
ΤΡΙΚΛΙΝΕΣ	1	ΚΑΜΙΑ
	$\bar{1}$	i
ΜΟΝΟΚΛΙΝΕΣ	2	1A ₂
	m	1m
	2/m	i, 1A ₂ , 1m
ΡΟΜΒΙΚΟ	222	3A ₂
	mm2 (2mm)	1A ₂ , 2m
	2/m2/m2/m	i, 3A ₂ , 3m
ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ	4	1A ₄
	$\bar{4}$	\bar{A}_4
	4/m	i, 1A ₄ , 1m
	422	1A ₄ , 4A ₂
	4mm	1A ₄ , 4m
	$\bar{4}2m$	1 \bar{A}_4 , 2A ₂ , 2m
	4/m2/m2/m	i, 1A ₄ , 4A ₂ , 5m

ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΤΑΞΗ	ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ
ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ-ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ	3	1A ₃
	$\bar{3}$	1 \bar{A} ₃
	32	1A ₃ , 3A ₂
	3m	1A ₃ , 3m
	$\bar{3} 2/m$	1 \bar{A} ₃ , 3A ₂ , 3m
	6	1A ₆
	$\bar{6}$	1 \bar{A} ₆
	6/m	i, 1A ₆ , 1m
	622	1A ₆ , 6A ₂
	6mm	1A ₆ , 6m
	$\bar{6} m2$	1 \bar{A} ₆ , 3A ₂ , 3m
	6/m2/m2/m	i, 1A ₆ , 6A ₂ , 7m
ΚΥΒΙΚΟ	23	3A ₂ , 4A ₃
	2/m $\bar{3}$	3A ₂ , 3m, 4 \bar{A} ₃
	432	3A ₄ , 4A ₃ , 6A ₂
	$\bar{4} 3m$	3 \bar{A} ₄ , 4A ₃ , 6m
	4/m $\bar{3} 2/m$	3A ₄ , 4 \bar{A} ₃ , 6A ₂ , 9m

ΣΤΕΡΕΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΒΟΛΗ

Η ανάγκη μας να παρουσιάσουμε τις τρεις διαστάσεις του χώρου σε δύο, πάνω στο χαρτί ή ακόμη και πάνω στην οθόνη αυτού του υπολογιστή, μας έκανε να δημιουργήσουμε μεθόδους όπως το **ΔΙΚΤΥΟ WULFF**.

Zenith
001



Ουσιαστικά δημιουργούμε μια **νοητή σφαίρα** που περιβάλλει τον κρύσταλλο (ή βρίσκεται μέσα σε αυτόν) αλλά τα κέντρα τους να συμπίπτουν.

Αν από το κέντρο αυτό φέρουμε ευθείες κάθετες προς τις έδρες του κρυστάλλου, αυτές θα τέμνουν βεβαίως και την επιφάνεια της σφαίρας σε κάποια σημεία.

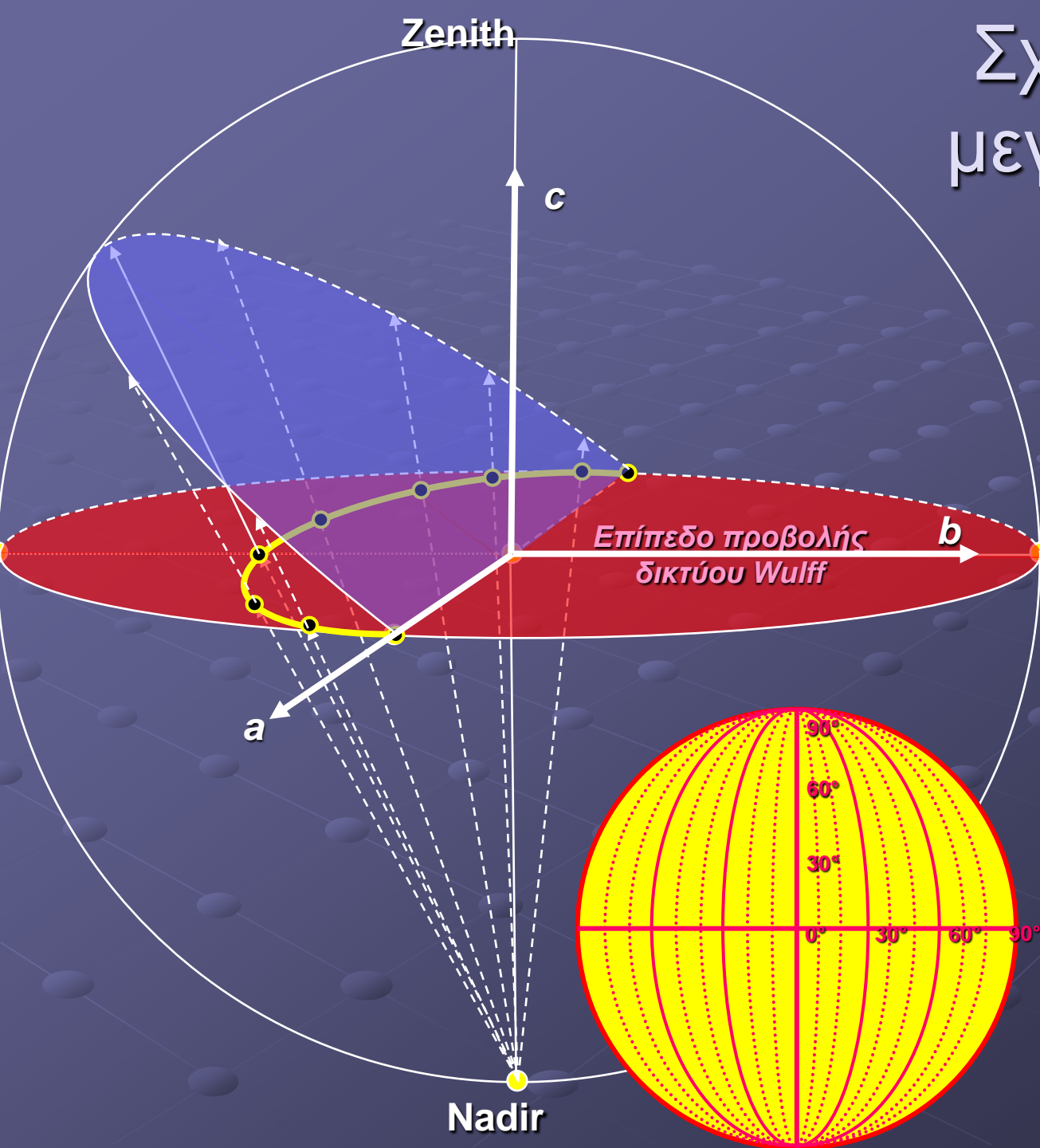
Το πρόβλημά μας είναι τώρα πως αυτά τα σημεία θα τα δείξουμε σε μια επιφάνεια, όπως η κόκκινη του σχήματος χωρίς να χαθεί κάποια πληροφορία.

Προσοχή!!!

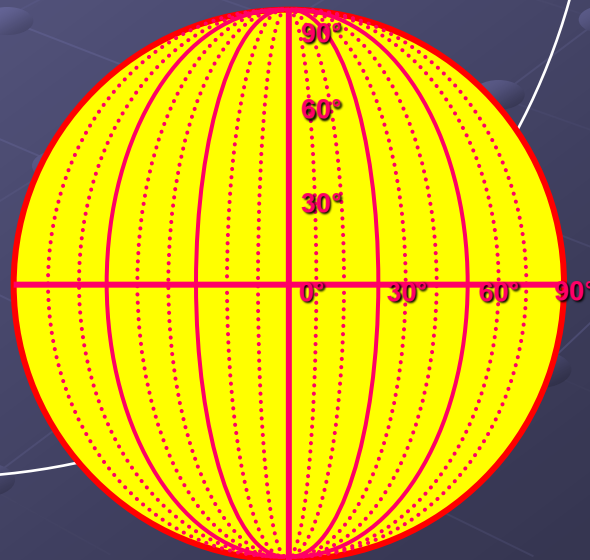
Το μάτι μας πάντα είναι από το πάνω μέρος και κοιτάμε προς τα κάτω.

Στόχος μας είναι βέβαια να μπορούμε να ξανασχεδιάσουμε τον κρύσταλλο μόνο από πληροφορίες που έχουμε καταγράψει στην επιφάνεια αυτή.

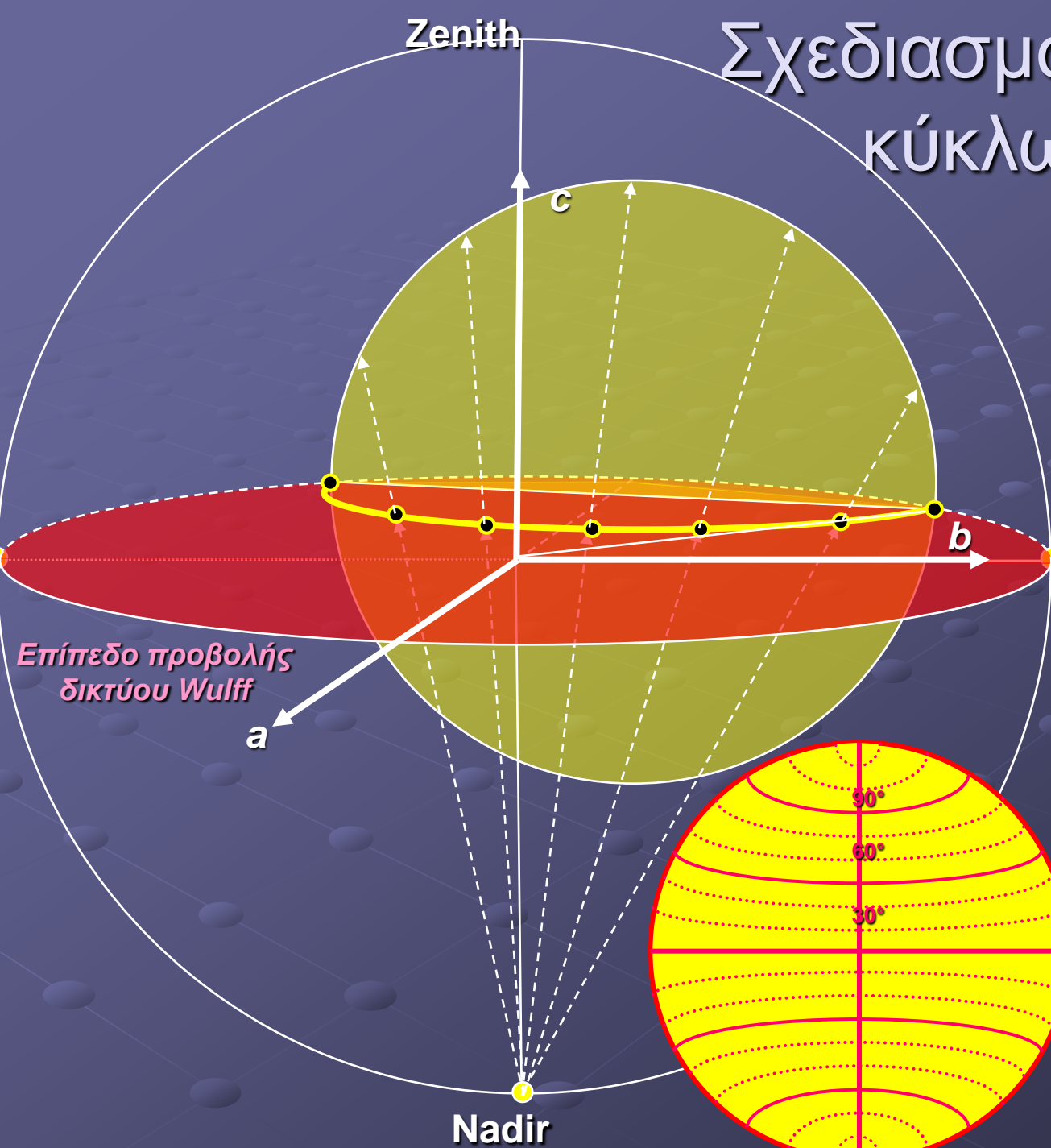
Σχεδιασμός των μεγάλων κύκλων του δικτύου



Αν φέρουμε κύκλους (όπως ο μπλε) που να περνάνε από τον άξονα a και κάθε σημείο της περιφέρειάς τους το ενώσουμε με το Ναδίρ, οι γεωμετρικοί τόποι των τομών των ευθειών αυτών με το επίπεδο του δικτύου ορίζουν τόξα που αποτελούν τους **μεγάλους κύκλους** στο δίκτυο Wulff, όπως αυτό φαίνεται δεξιά στο ένθετο. Οι γωνίες των επιπέδων αυτών ως προς τον άξονα c είναι οι γωνίες ρ



Σχεδιασμός των μικρών κύκλων του δικτύου



Αν φέρουμε κύκλους (όπως ο κίτρινος) που το επίπεδό του είναι παράλληλο προς το επίπεδο των αξόνων ($c b$), και ενώσουμε κάθε σημείο της περιφέρειάς τους με το Ναδύρ, οι γεωμετρικοί τόποι των τομών των ευθειών αυτών με το επίπεδο του δικτύου ορίζουν τόξα που αποτελούν τους μικρούς κύκλους στο δίκτυο Wulff, όπως αυτό φαίνεται δεξιά στο ένθετο. Η γωνία του άξονα a με την ευθεία που ορίζει το κέντρο της σφαίρας και το σημείο τομής σφαίρας και κίτρινου κύκλου είναι οι γωνίες φ .

Επίπεδο προβολής δικτύου Wulff

Zenith

Nadir

c

b

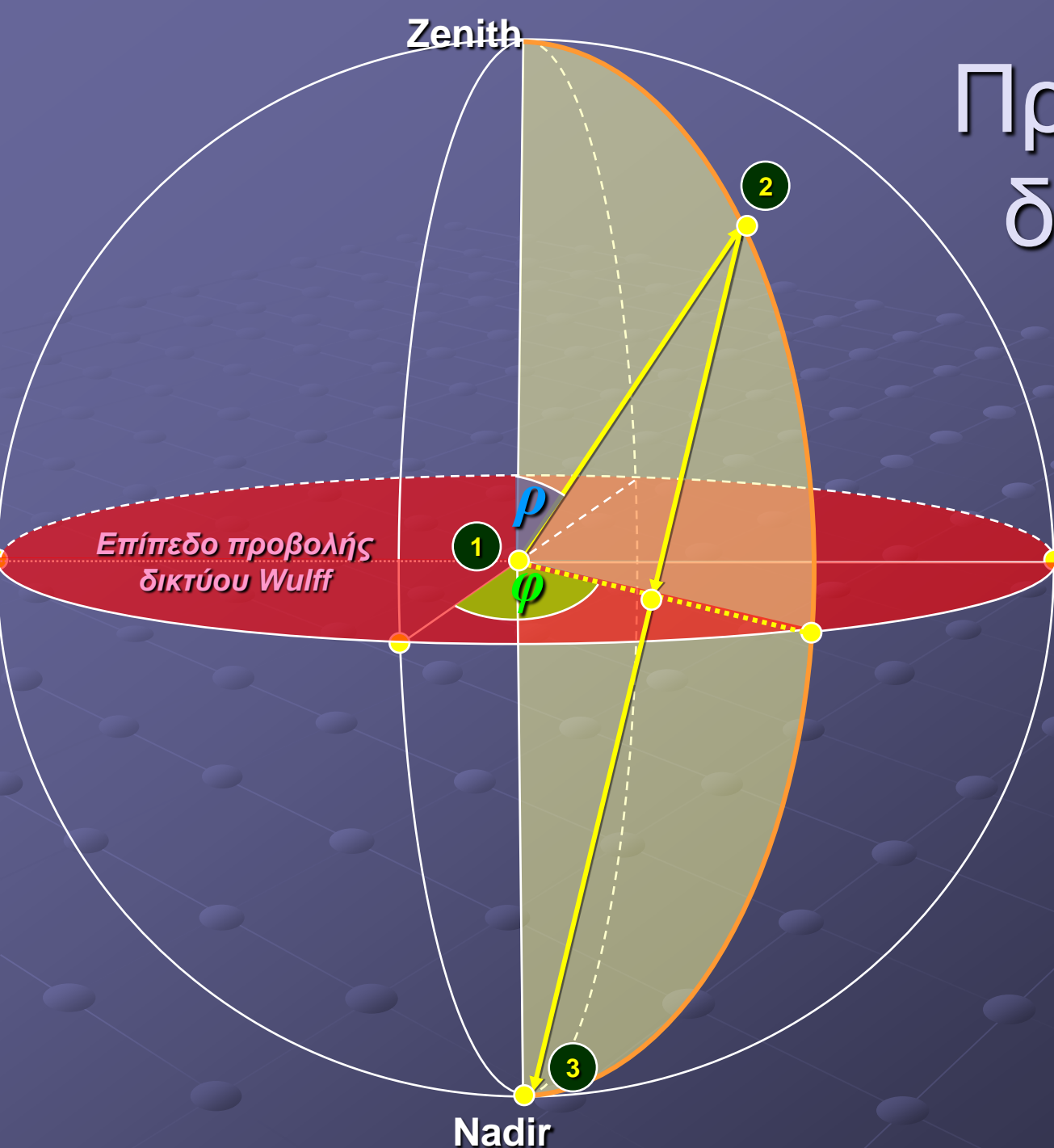
a

90°

60°

30°

Προβολή στο δίκτυο Wulff

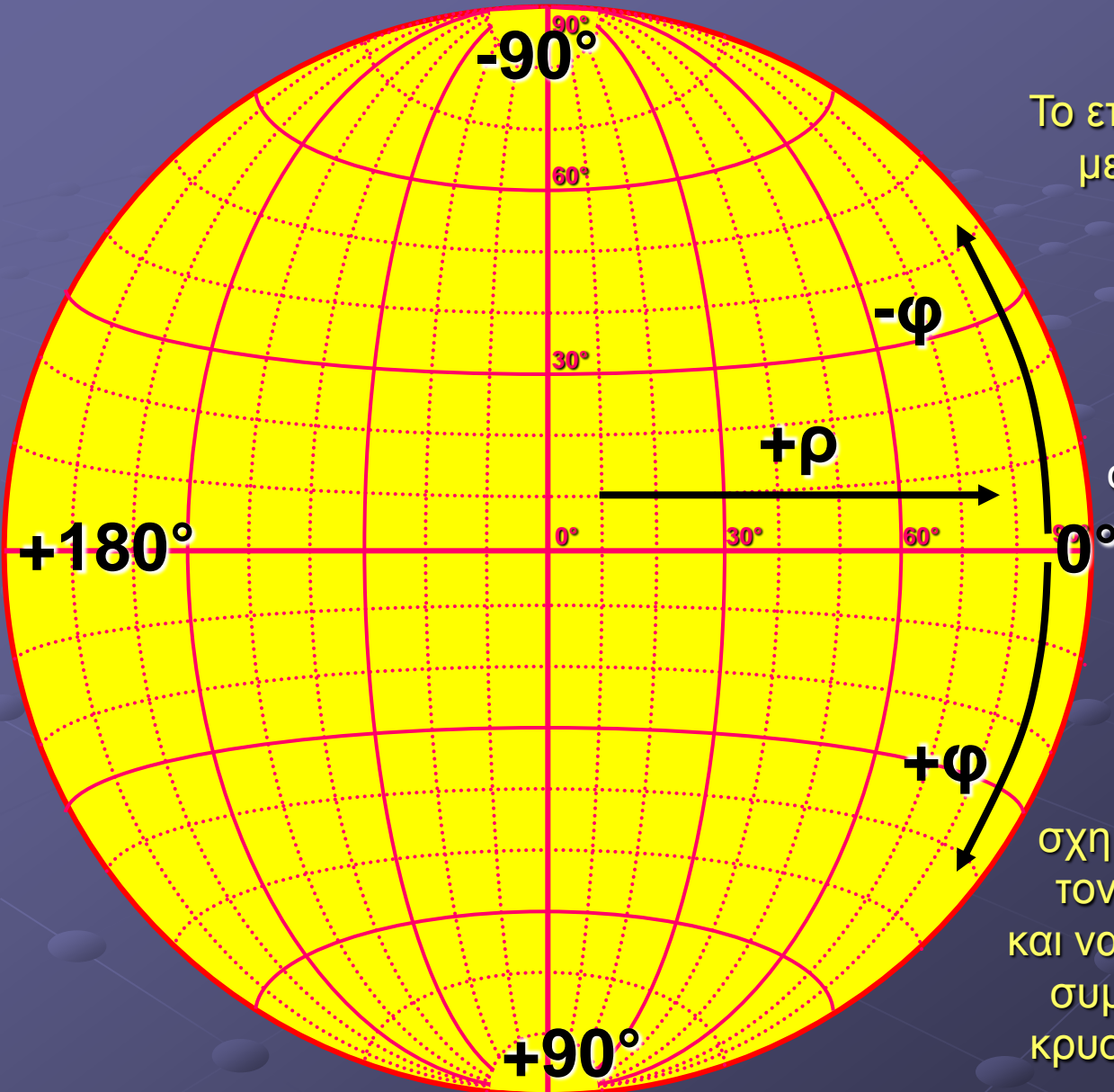


Όπως φαίνεται στο σχήμα, γνωρίζοντας μόνο τις γωνίες ϕ και ρ ενός σημείου (τις πολικές του συντεταγμένες δηλαδή ως προς το σύστημα αξόνων) μπορούμε να κάνουμε την προβολή αυτού στο επίπεδο του δικτύου.

Έτσι, με αυτές τις πληροφορίες, θα μπορούμε να προβάλλουμε σημεία.

Μπορούμε όμως να προβάλλουμε ευθείες ή και επίπεδα.

Το επίπεδο του δικτύου Wulff

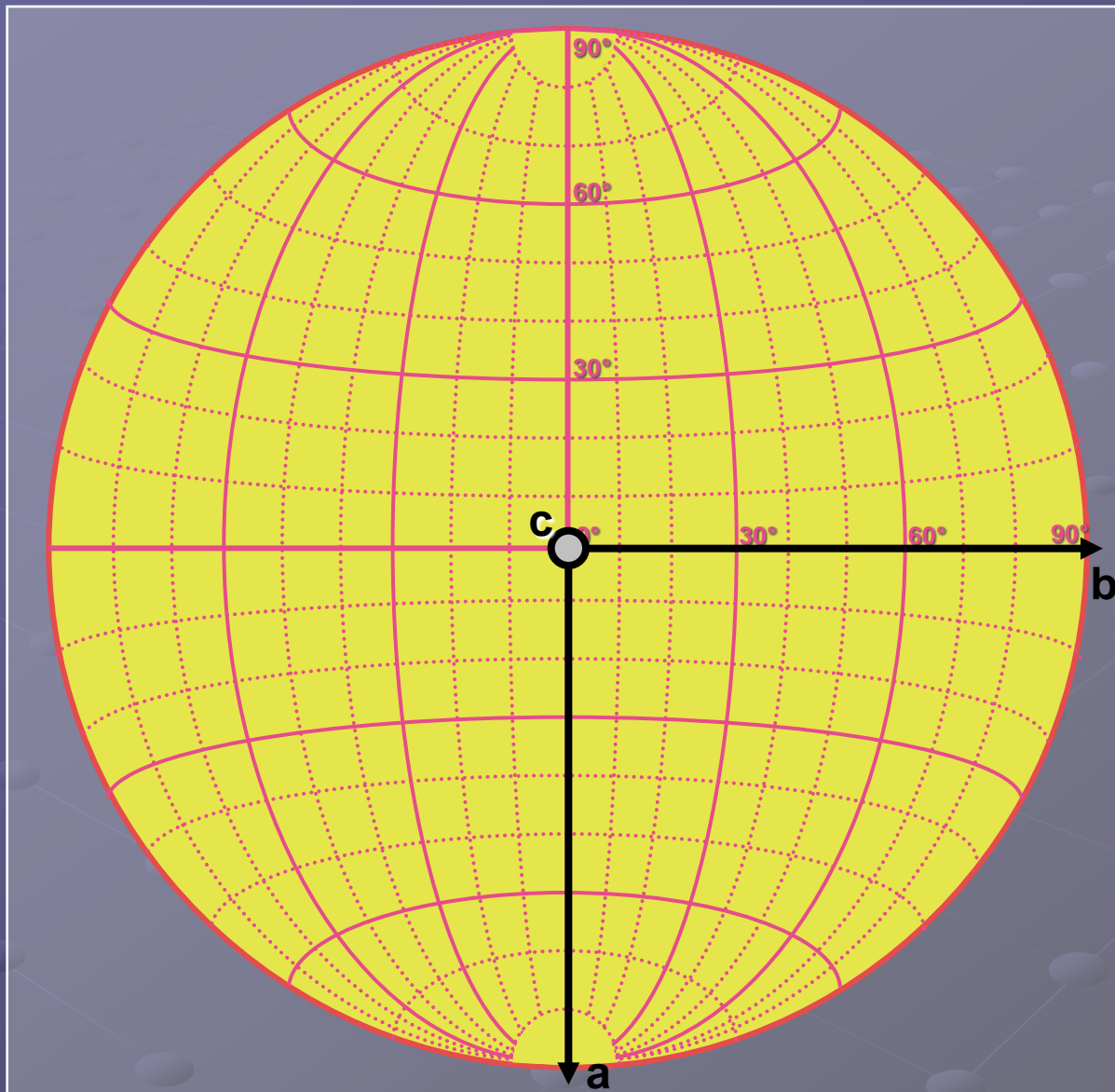


Το επίπεδο που τελικά προκύπτει με όλες τις διαβαθμίσεις του σε μοίρες είναι το δίκτυο στερεογραφικής προβολής του Wulff

Αυτό θα το χρησιμοποιήσουμε ώστε να προβάλλουμε όλα τα στοιχεία συμμετρίας ενός κρυστάλλου.

Είναι σημαντικό ότι από τις πληροφορίες του δικτύου μπορούμε κάθε στιγμή να σχηματίσουμε και πάλι ολόκληρο τον κρύσταλλο στον χώρο, αλλά και να μάθουμε για όλα τα στοιχεία συμμετρίας του καθώς και για το κρυσταλλικό σύστημα που ανήκει

Πως προβάλλουμε ένα σημείο (1)

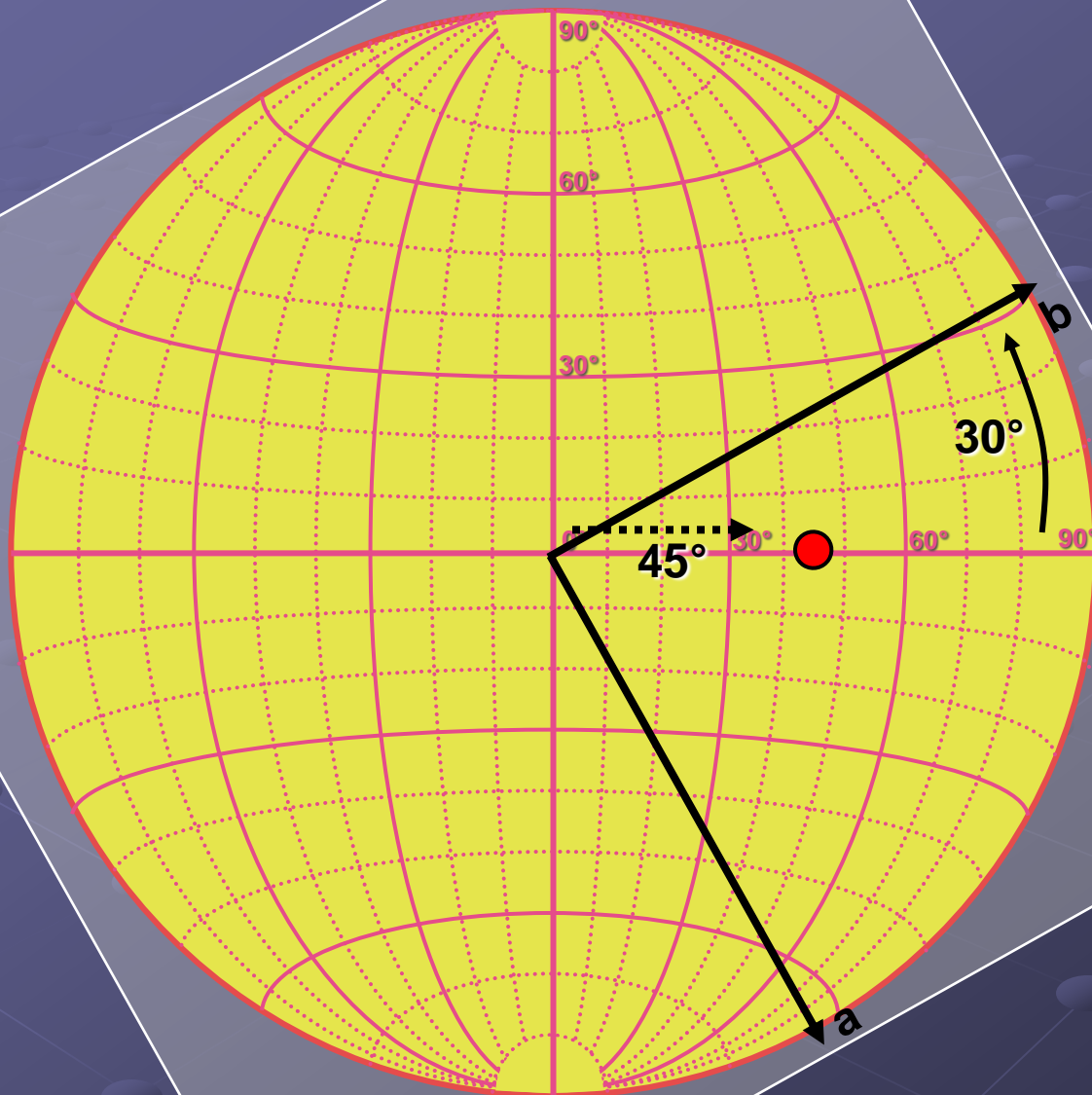


Μας δίνονται
οι γωνίες:

$$\varphi = 30^\circ$$
$$\rho = 45^\circ$$

Σχεδιάζουμε αρχικά
το σύστημα αξόνων
πάνω στο διαφανές
χαρτί.

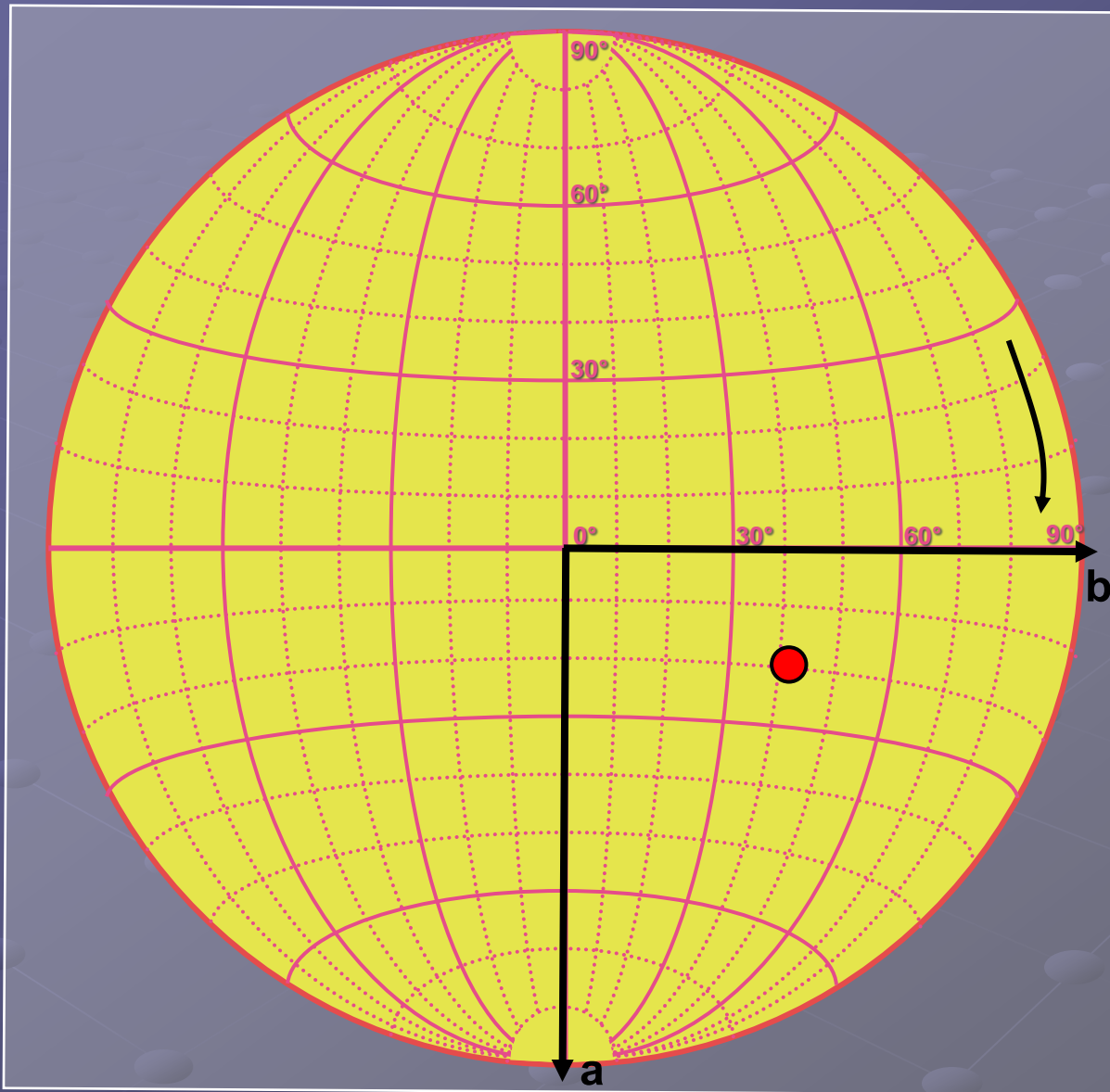
Πως προβάλλουμε ένα σημείο (2)



Περιστρέφουμε το διαφανές χαρτί κατά $+30^\circ$ μετρώντας πάνω στους μικρούς κύκλους.

Από το κέντρο και σε απόσταση $+45^\circ$ πάνω στον οριζόντιο άξονα του δικτύου γράφουμε το σημείο.

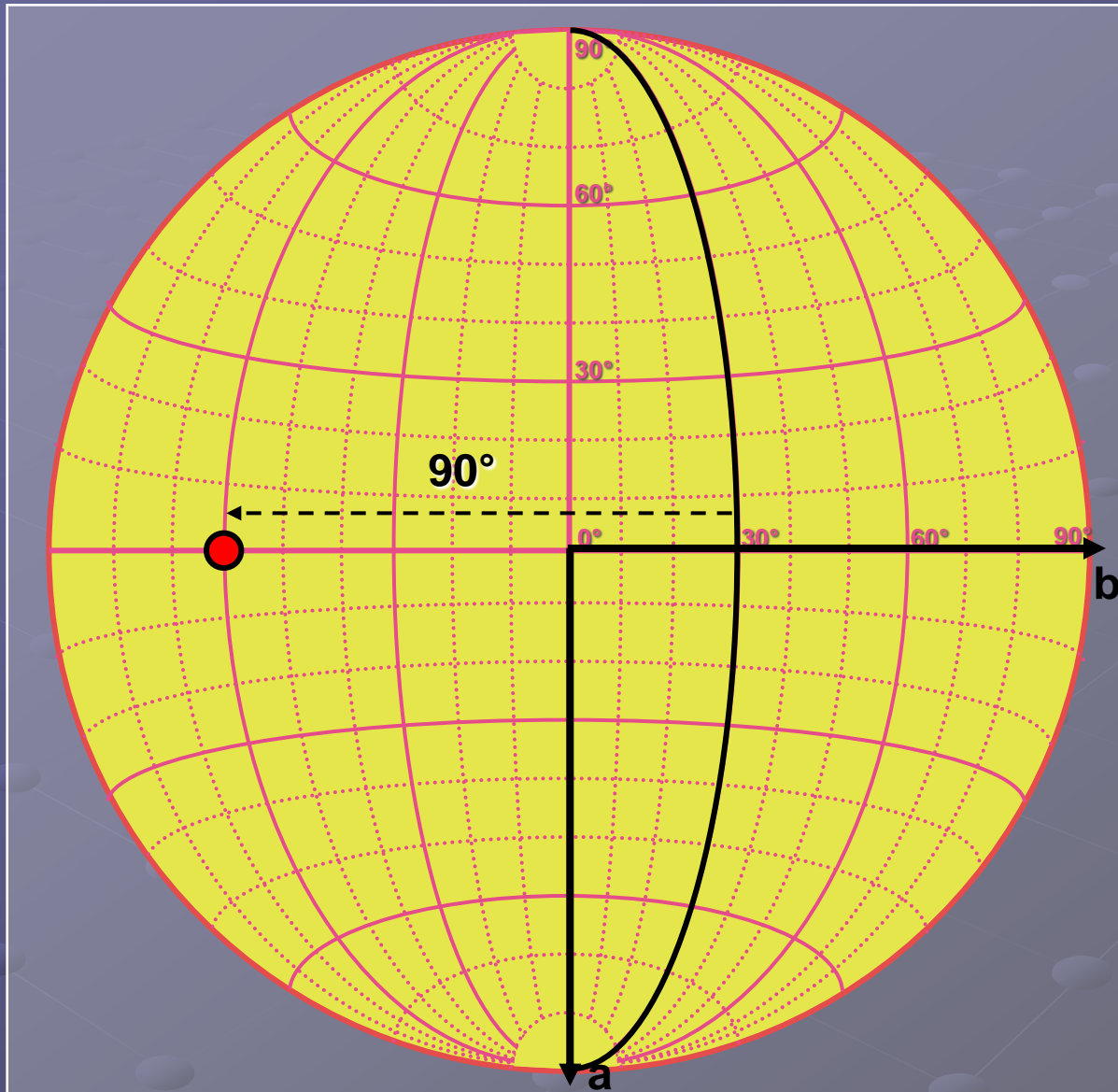
Πως προβάλλουμε ένα σημείο (3)



Επαναφέρουμε τους άξονες, περιστρέφοντας και πάλι το διαφανές χαρτί, ώστε να ταυτίζονται με αυτούς του δικτύου.

Το ζητούμενο σημείο μεταφέρεται και αυτό στην θέση προβολής του.

Πως προβάλλουμε ένα επίπεδο (1)



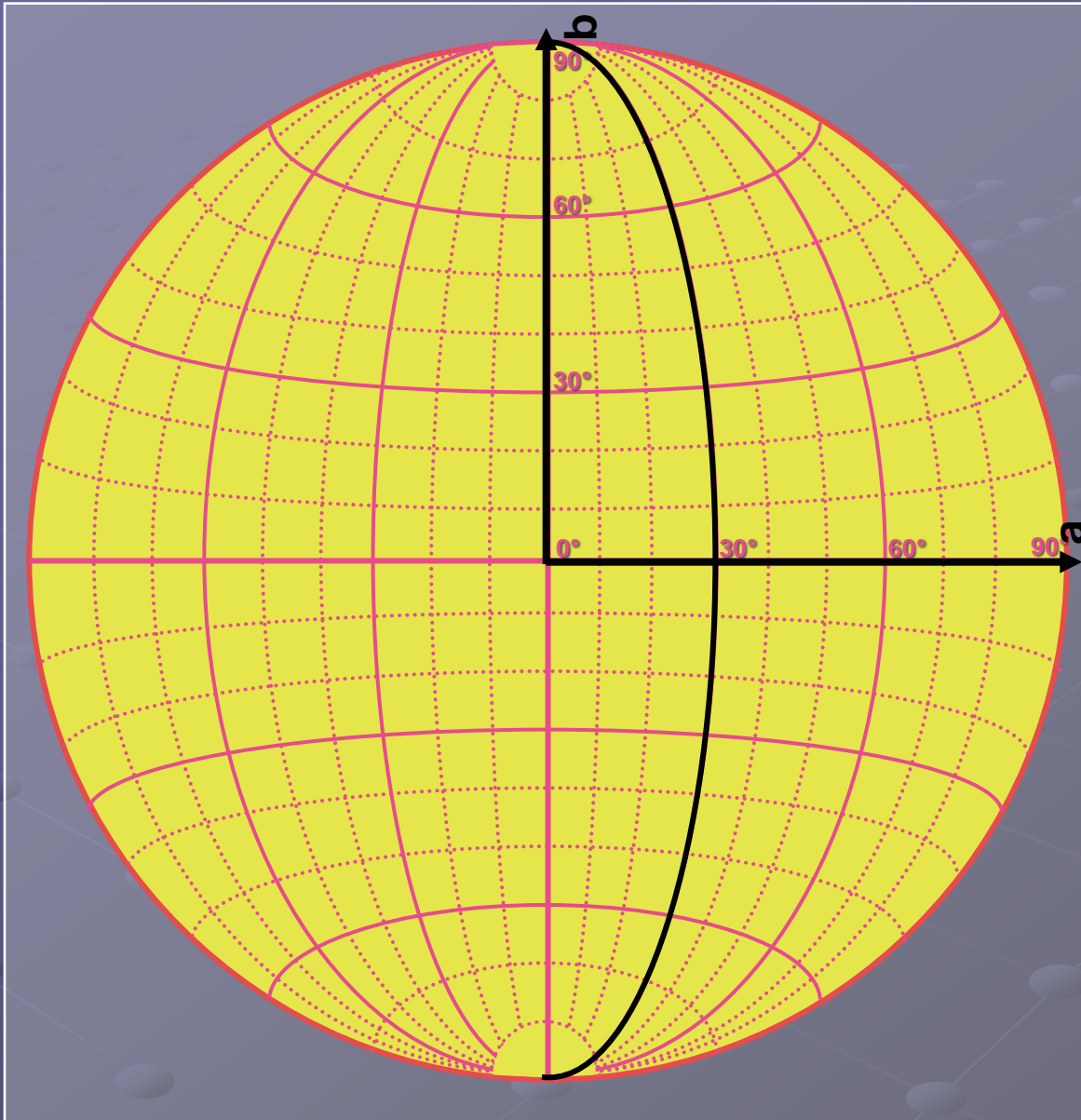
Τα επίπεδα προβάλλονται πάντα σε μεγάλους κύκλους.

Ένα επίπεδο κάθετο στον άξονα c (τον κατακόρυφο) προβάλλεται στον μεγαλύτερο κύκλο που περιβάλλει το δίκτυο Wulf.

Το ίχνος μιας ευθείας κάθετης προς ένα επίπεδο προβάλλεται σε απόσταση 90° μετρώντας πάνω στον οριζόντιο άξονα και αφού ταυτίσουμε το επίπεδο με έναν μεγάλο κύκλο.

Στο σχήμα φαίνεται ένα επίπεδο που είναι 30° από τον κατακόρυφο άξονα και το ίχνος του. Το επίπεδο είναι παράλληλο στον a .

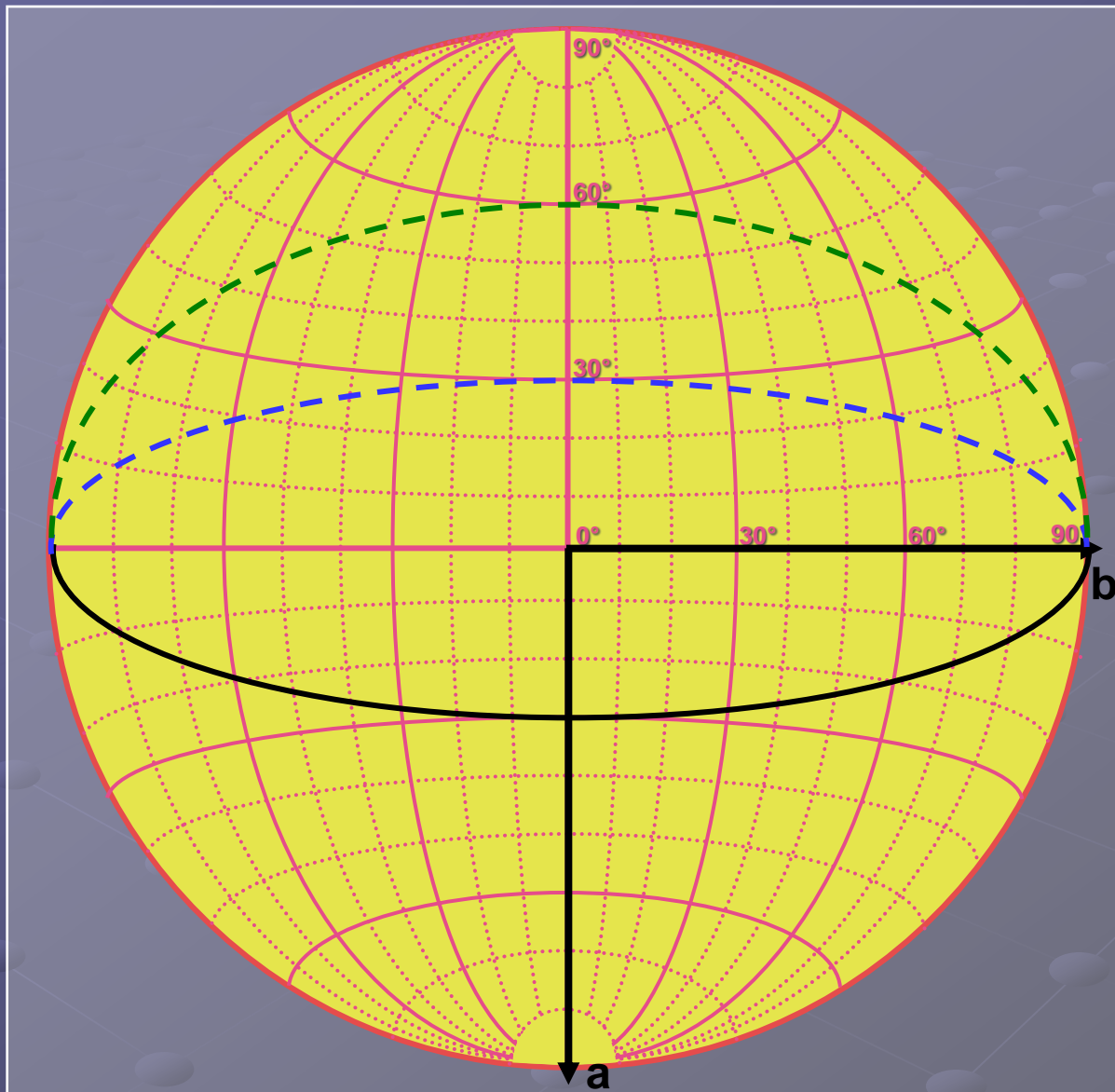
Πως προβάλλουμε ένα επίπεδο (2)



Για να προβάλλουμε ένα επίπεδο που είναι 30° από τον κατακόρυφο άξονα και παράλληλο στον άξονα b ενεργούμε ως εξής:

Περιστρέφουμε το διαφανές κατά 90° προς την θετική κατεύθυνση και γράφουμε το επίπεδο πάνω στον μεγάλο κύκλο των 30°

Πως προβάλλουμε ένα επίπεδο (3)

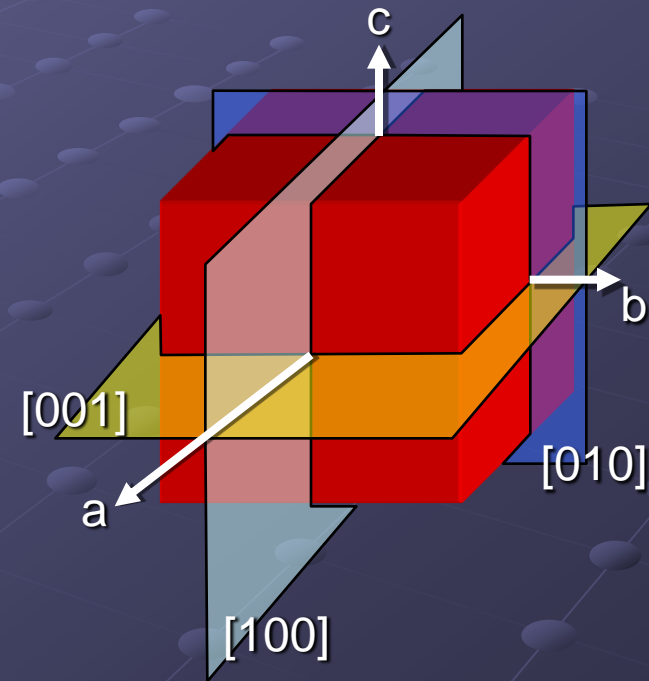
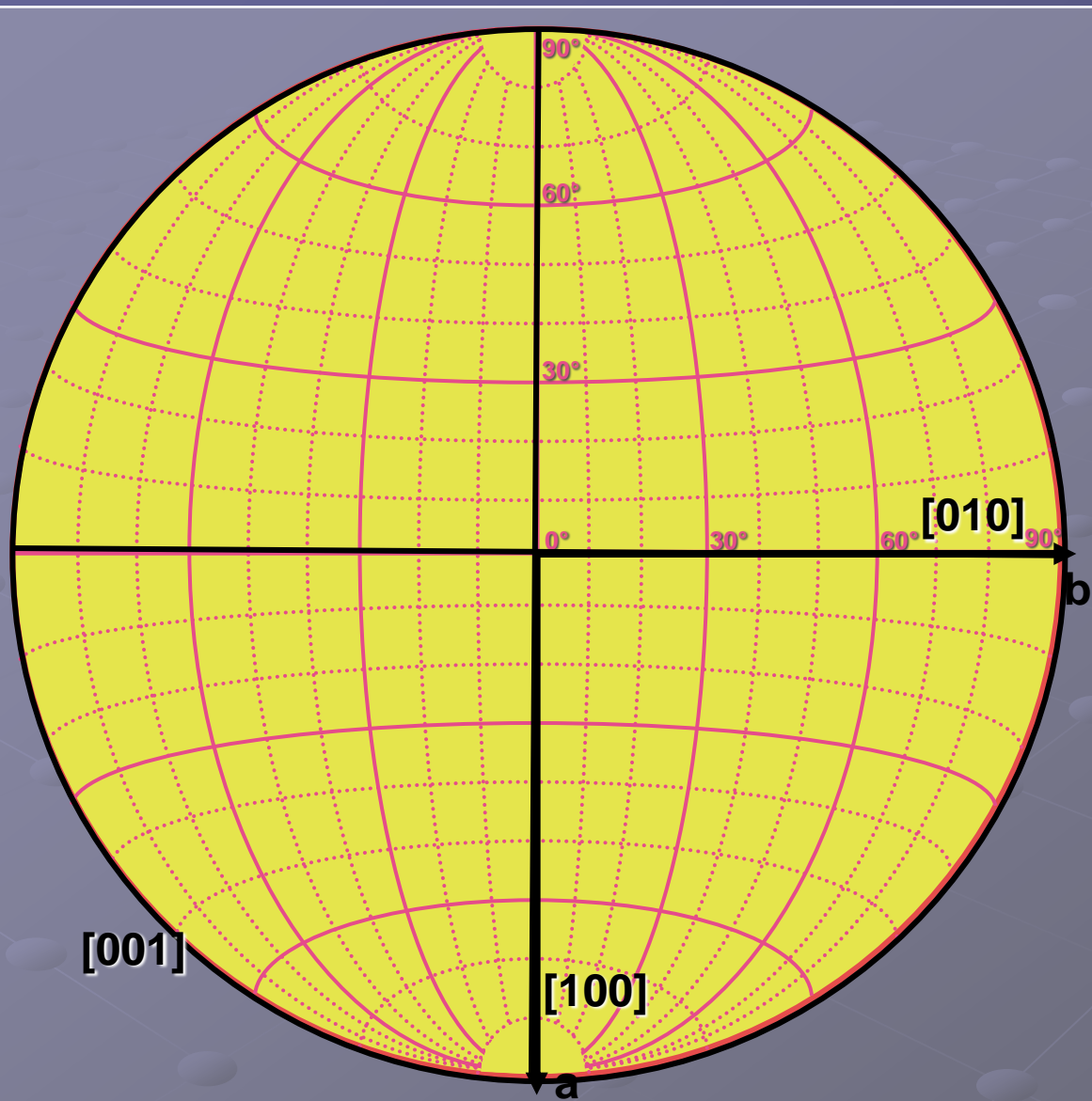


Επιστρέφουμε στην αρχική θέση.

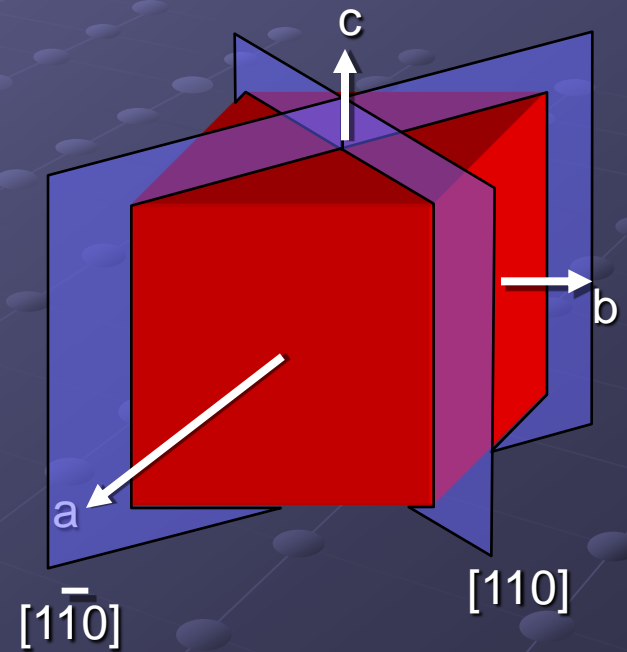
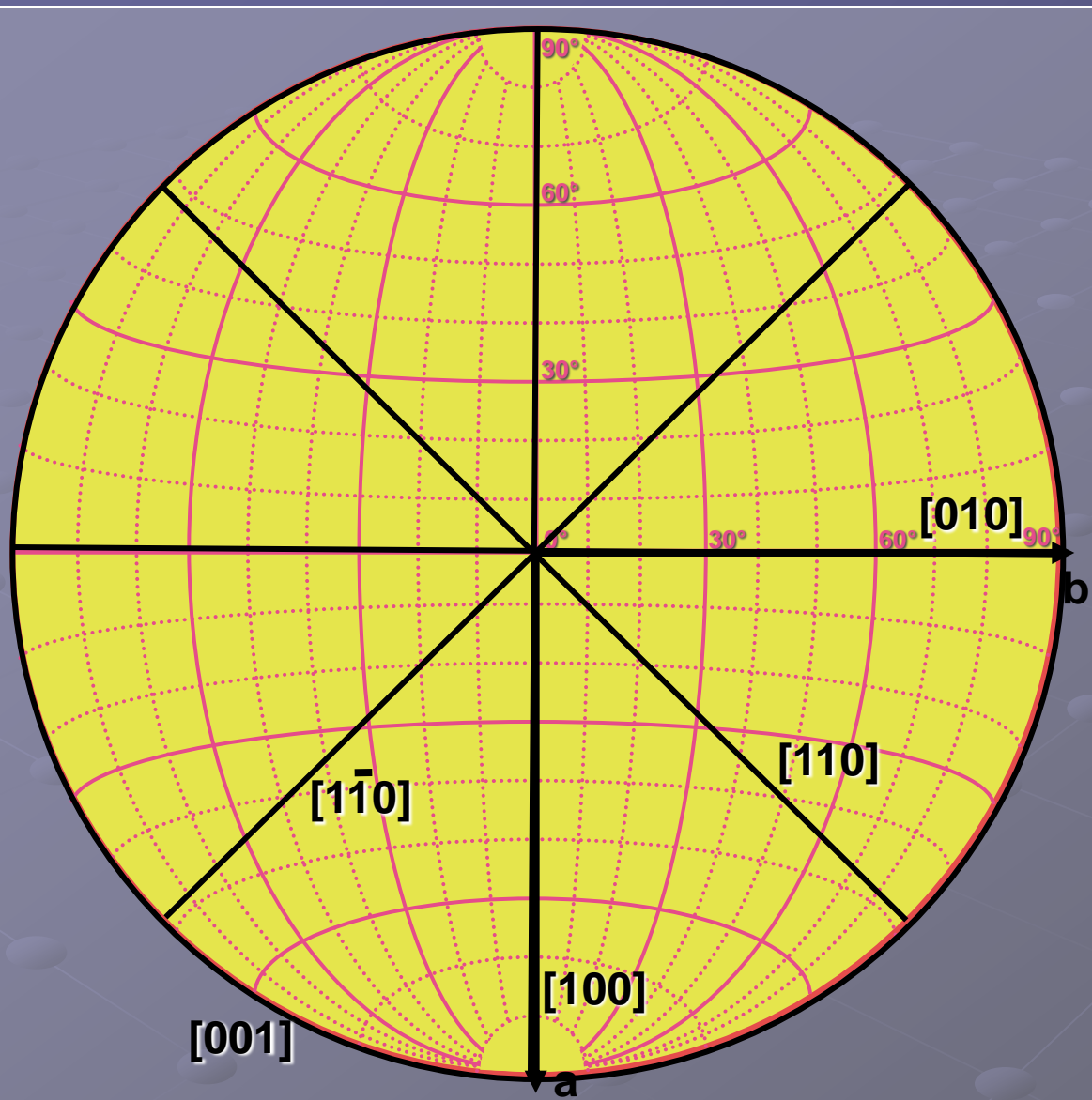
Ένα συμμετρικό επίπεδο με κλίση -30° προβάλλεται συμμετρικά ως προς τον άξονα b κατά 30° και πάλι (τόξο με μπλέ διακεκομμένη γραμμή).

Ένα κάθετο προς αυτό επίπεδο προβάλλεται σε απόσταση 90° μετρώντας πάνω σε έναν άξονα (πράσινη διακεκομμένη γραμμή).

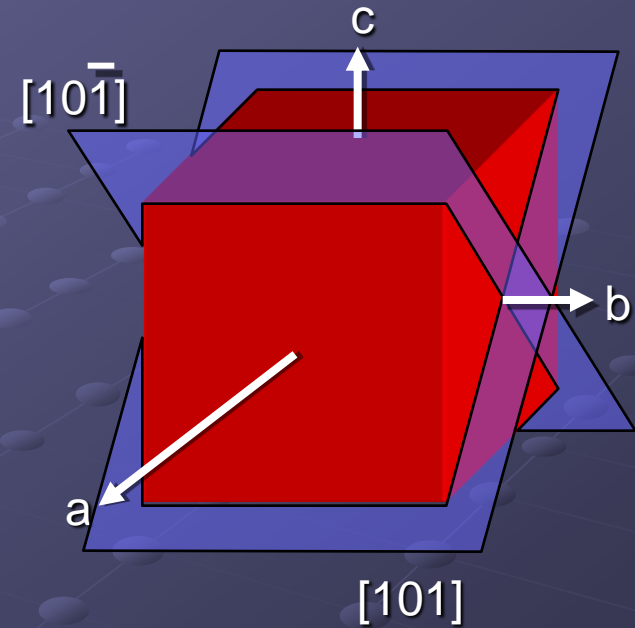
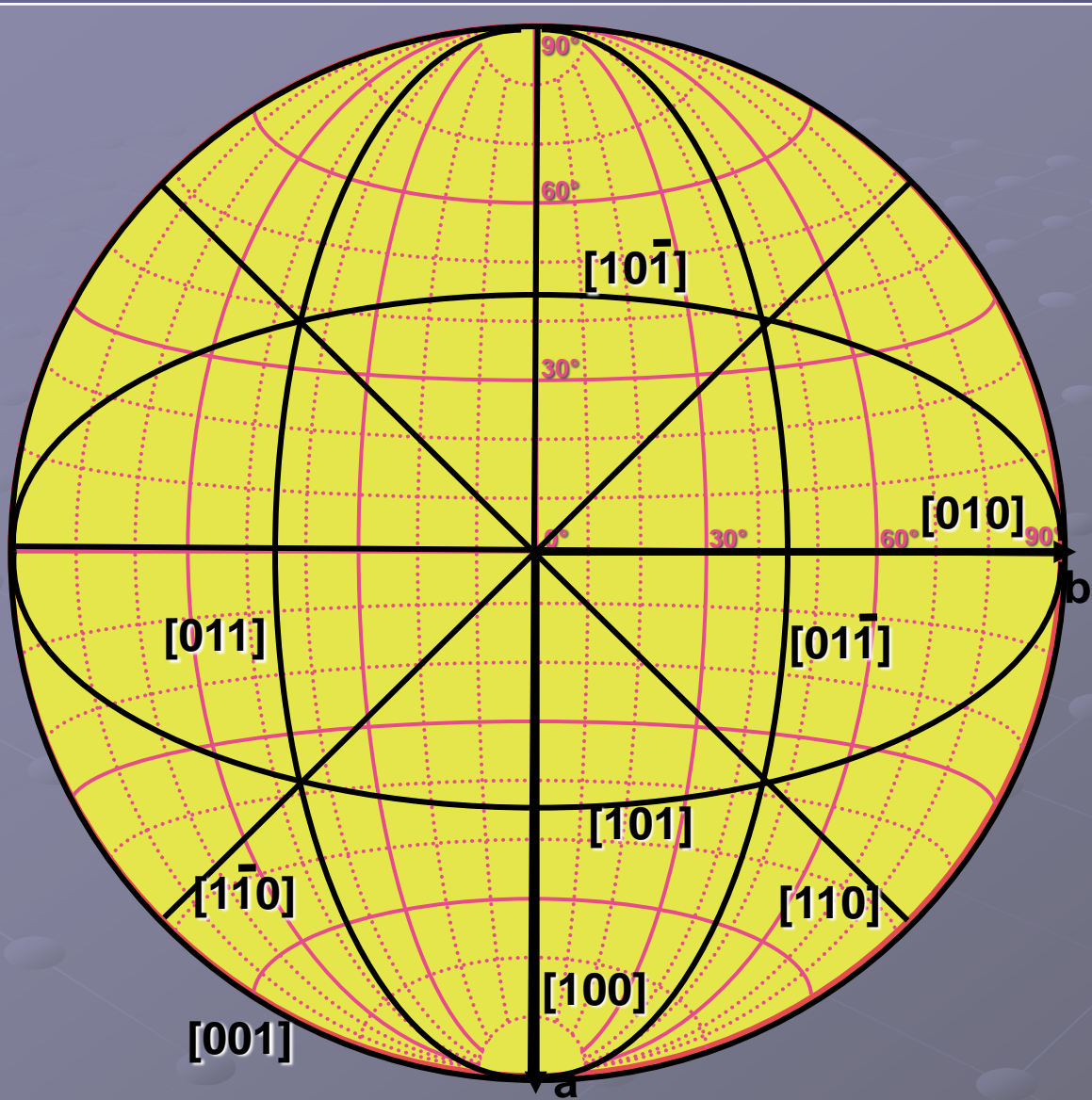
Προβολή του εξαέδρου (1)



Προβολή του εξαέδρου (2)



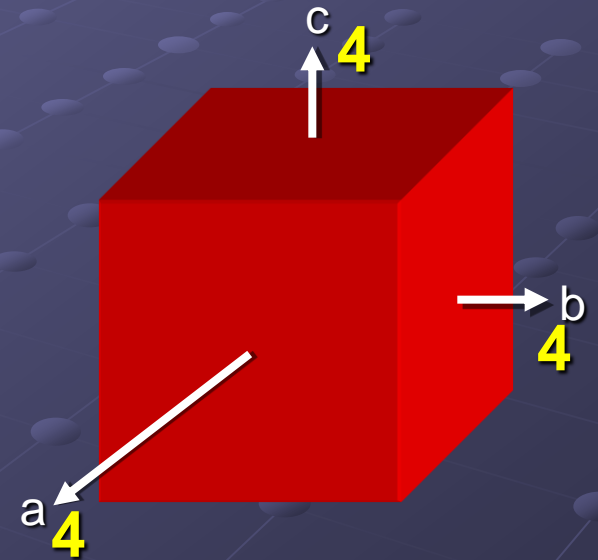
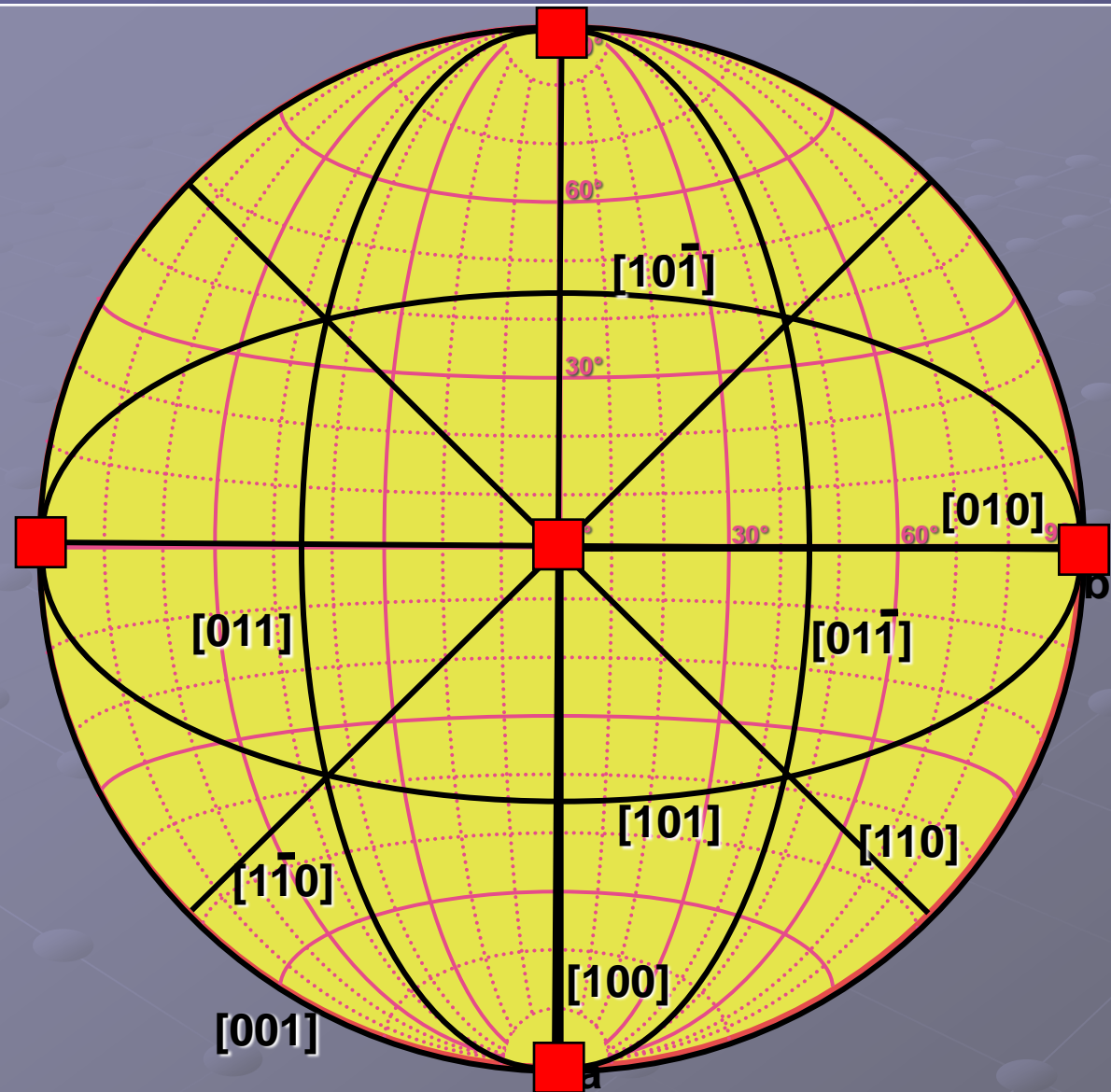
Προβολή του εξαέδρου (3)



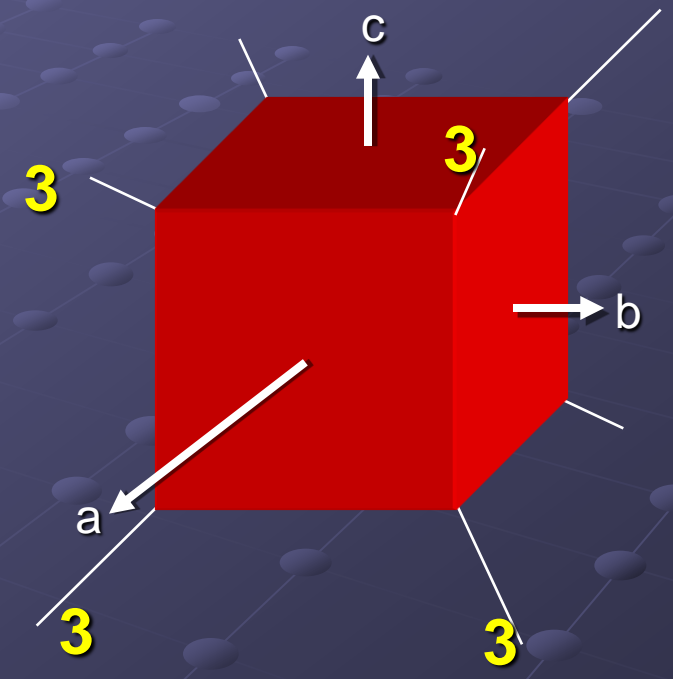
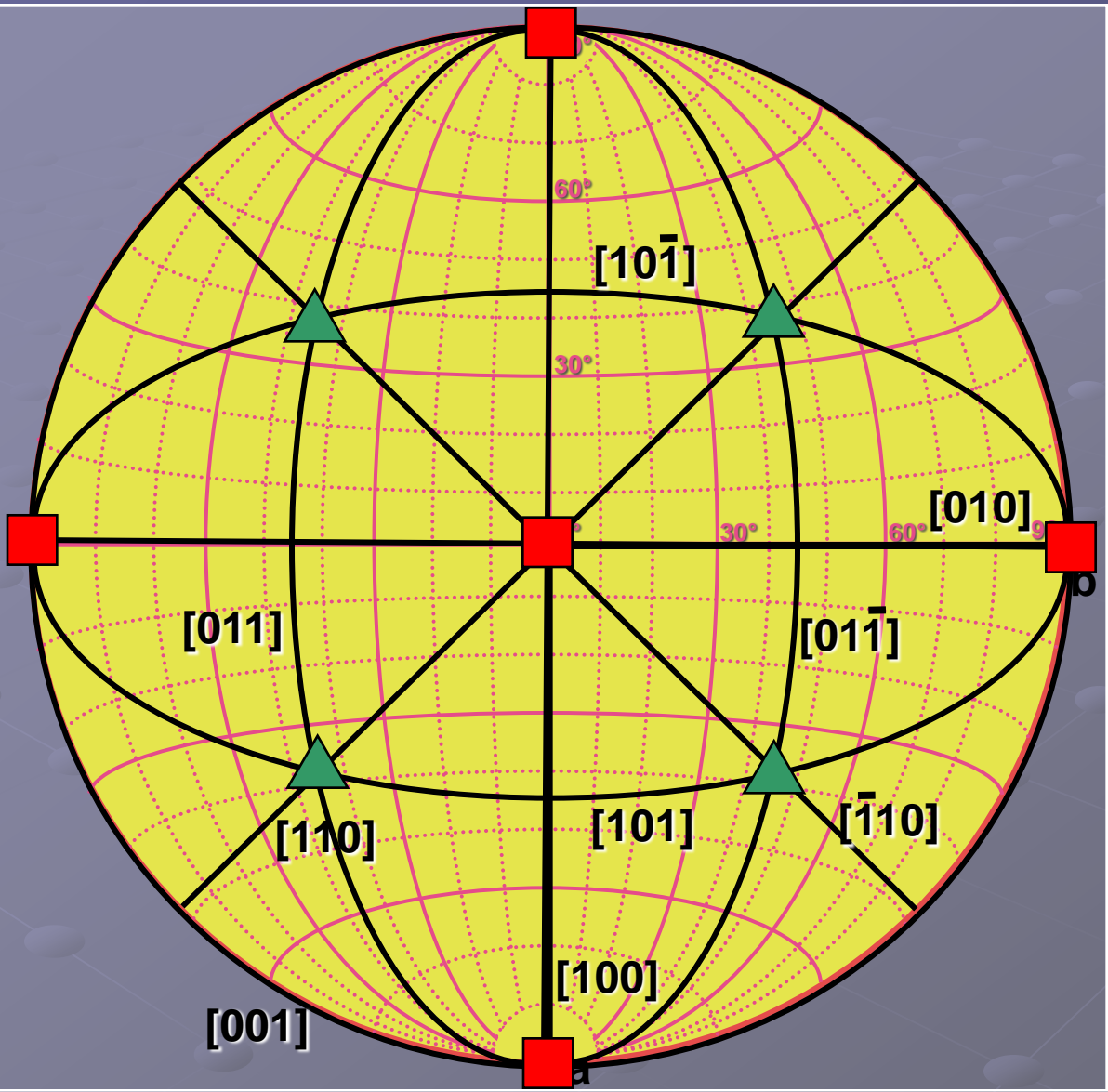
... καθώς και τα διαγώνια επίπεδα συμμετρίας από τις άλλες ακμές:

$[0\bar{1}\bar{1}]$ για το / και
 $[011]$ για το \

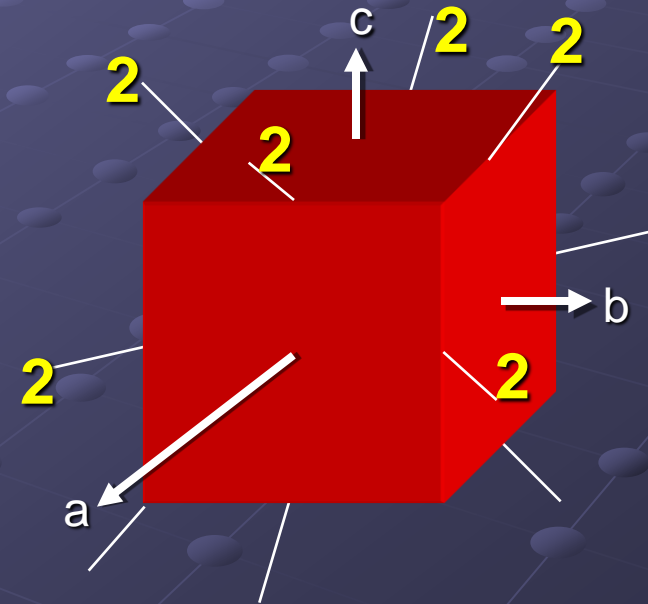
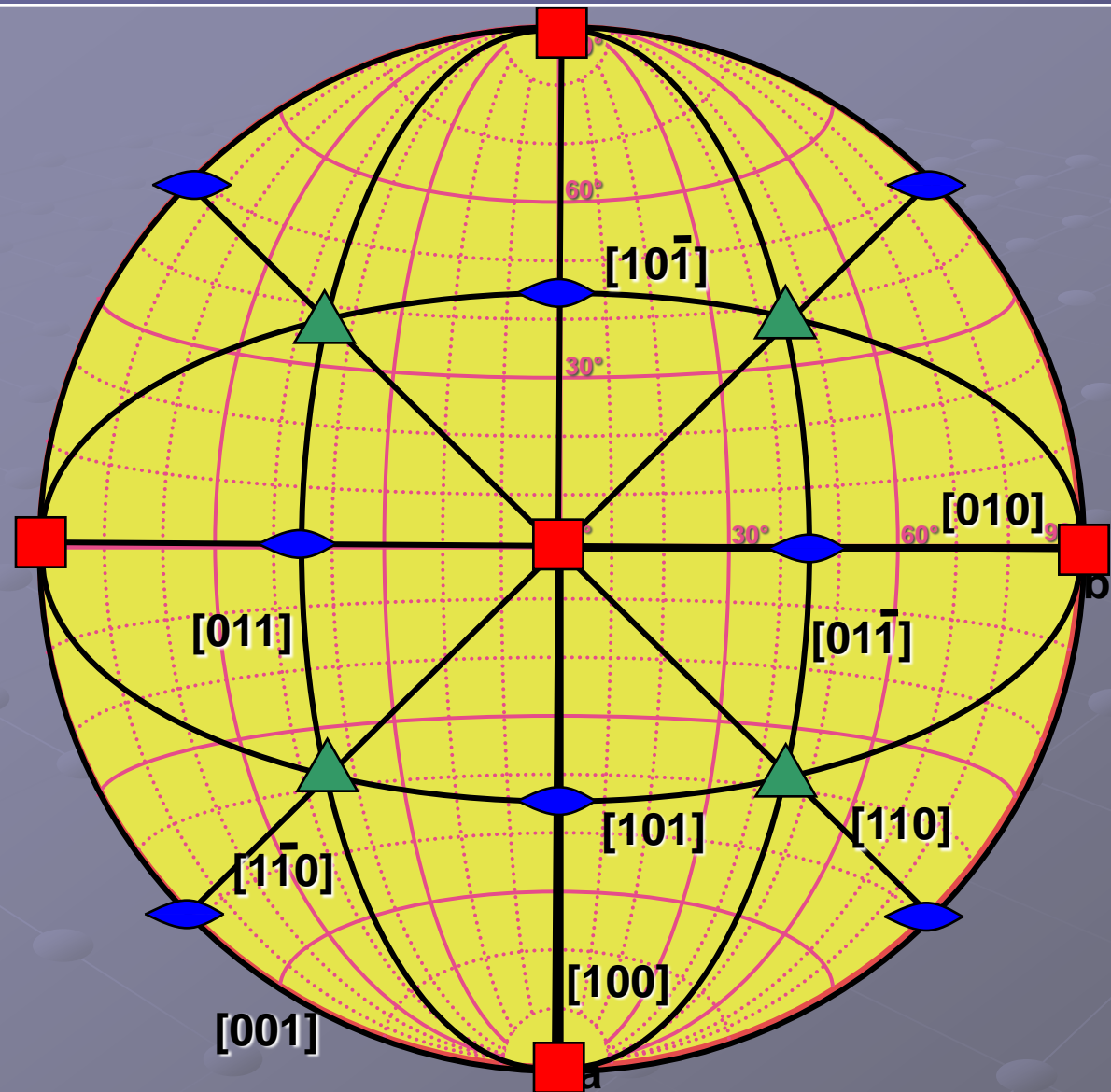
Προβολή του εξαέδρου: Άξονες L^4



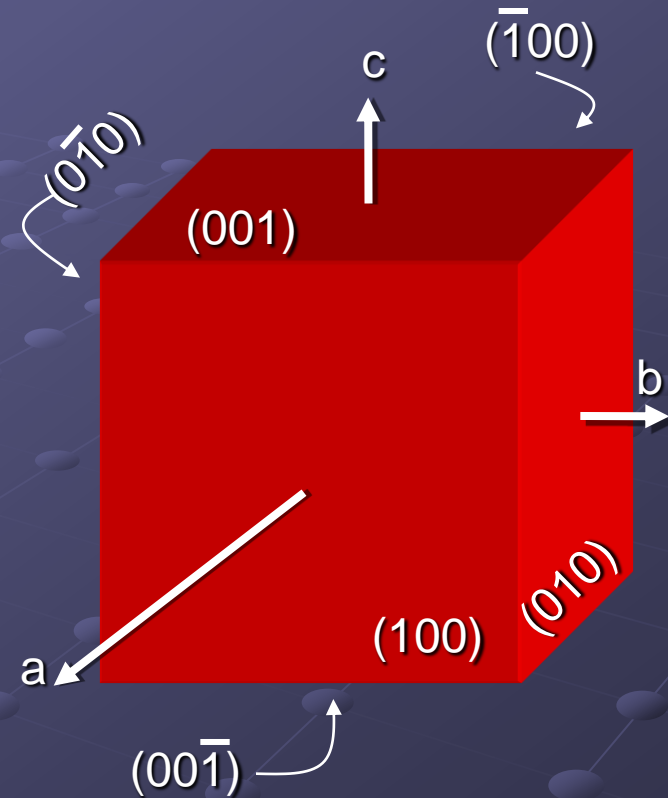
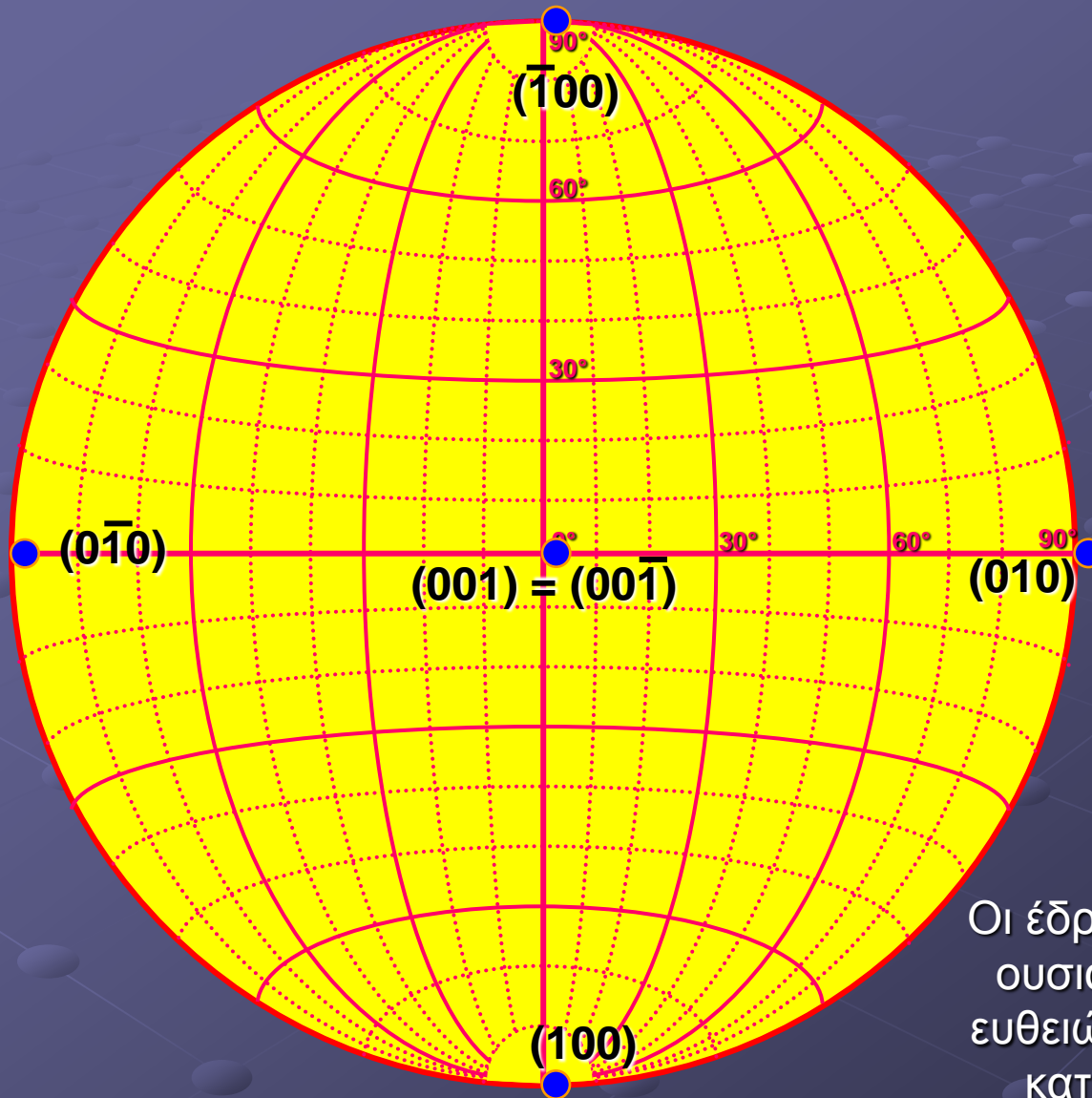
Προβολή του εξαέδρου: Άξονες L^3



Προβολή του εξαέδρου: Άξονες L^2

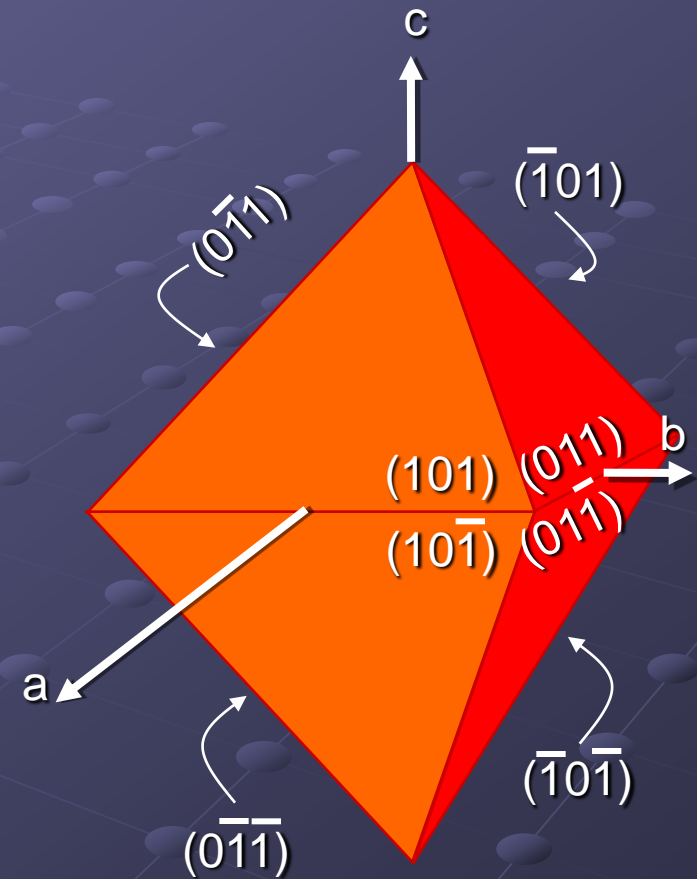
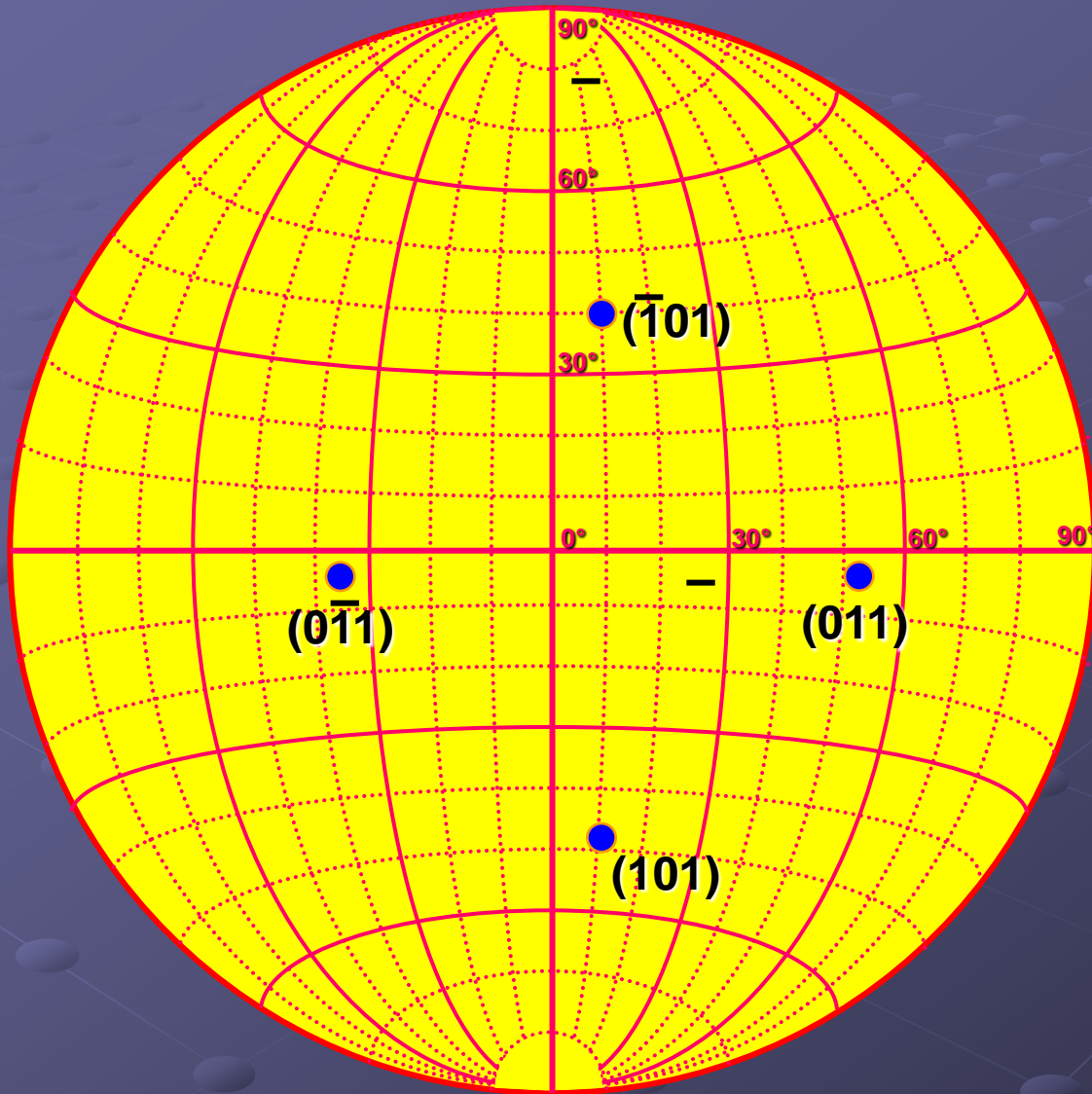


Προβολή του εξαέδρου: Έδρες



Οι έδρες προβάλλονται σαν σημεία γιατί ουσιαστικά προβάλλουμε τα ίχνη των ευθειών που ξεκινάνε από το κέντρο και κατευθύνονται κάθετα προς αυτές.

Προβολή του οκτάεδρου: Έδρες

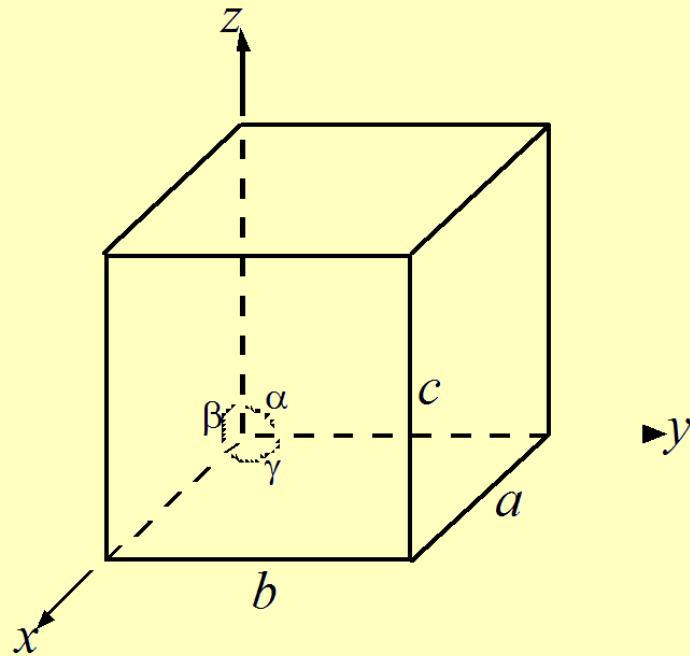


ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ Wulff



1. Όταν προβολές εδρών ανήκουν πάνω στον ίδιο κύκλο τότε οι έδρες αποτελούν **ζώνη εδρών** (τα επίπεδά τους είναι κάθετα προς το επίπεδο που ορίζουν τα σημεία προβολή τους)
2. Στο δίκτυο Wulff μπορούμε να διαβάσουμε απευθείας την γωνία μεταξύ δύο εδρών
3. Επίσης να δούμε έδρες που ανήκουν σε μία ζώνη
4. Να διακρίνουμε στοιχεία συμμετρίας

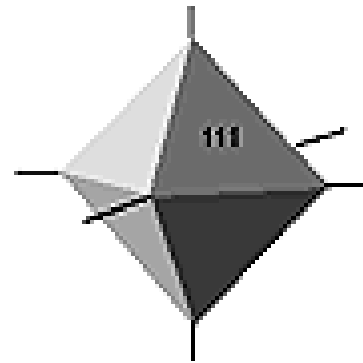
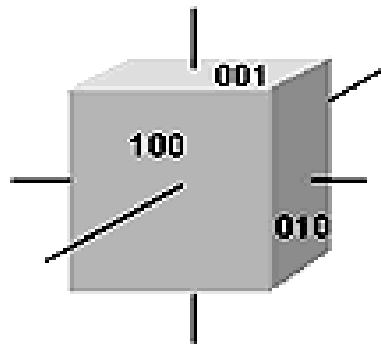
ΚΥΒΙΚΟ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ



$$a=b=c$$

$$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

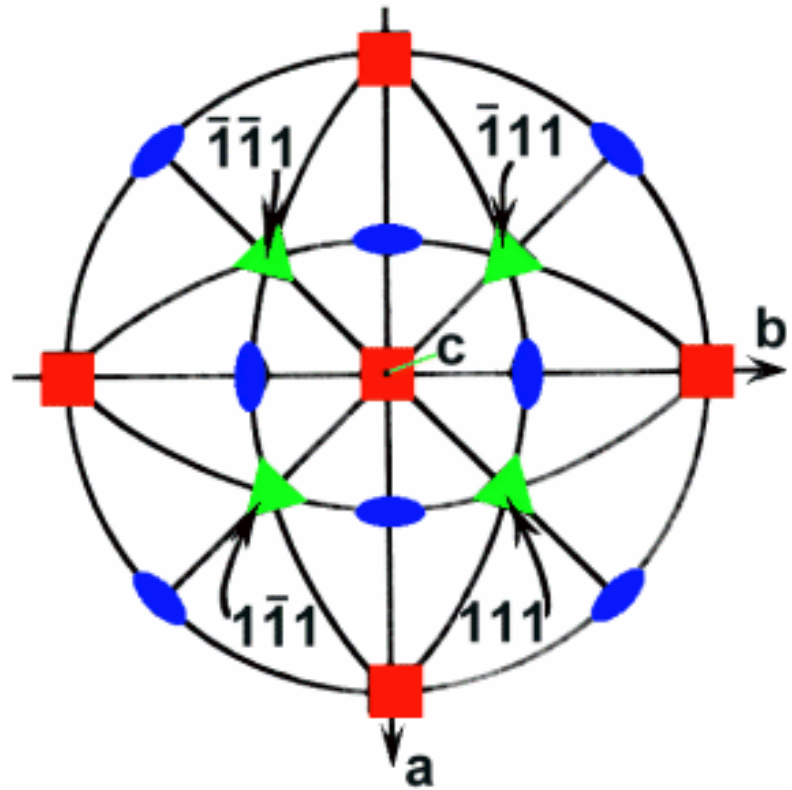
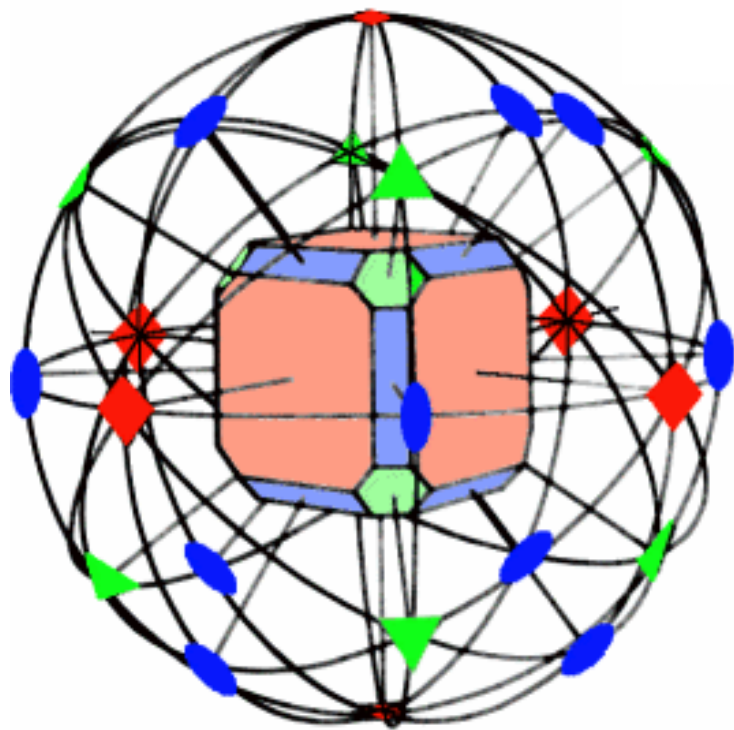
5 Κρυσταλλικές Τάξεις



ΟΛΟΕΔΡΙΑ

$3L^4$ $4L^3_{\sigma\kappa}$ $6L^2$ $3P^4$ $6P^2$ C

$3L^4$ $4L^3$ $6L^2$ $3P^4$ $6P^2$ C



ΠΟΛΥΕΔΡΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ

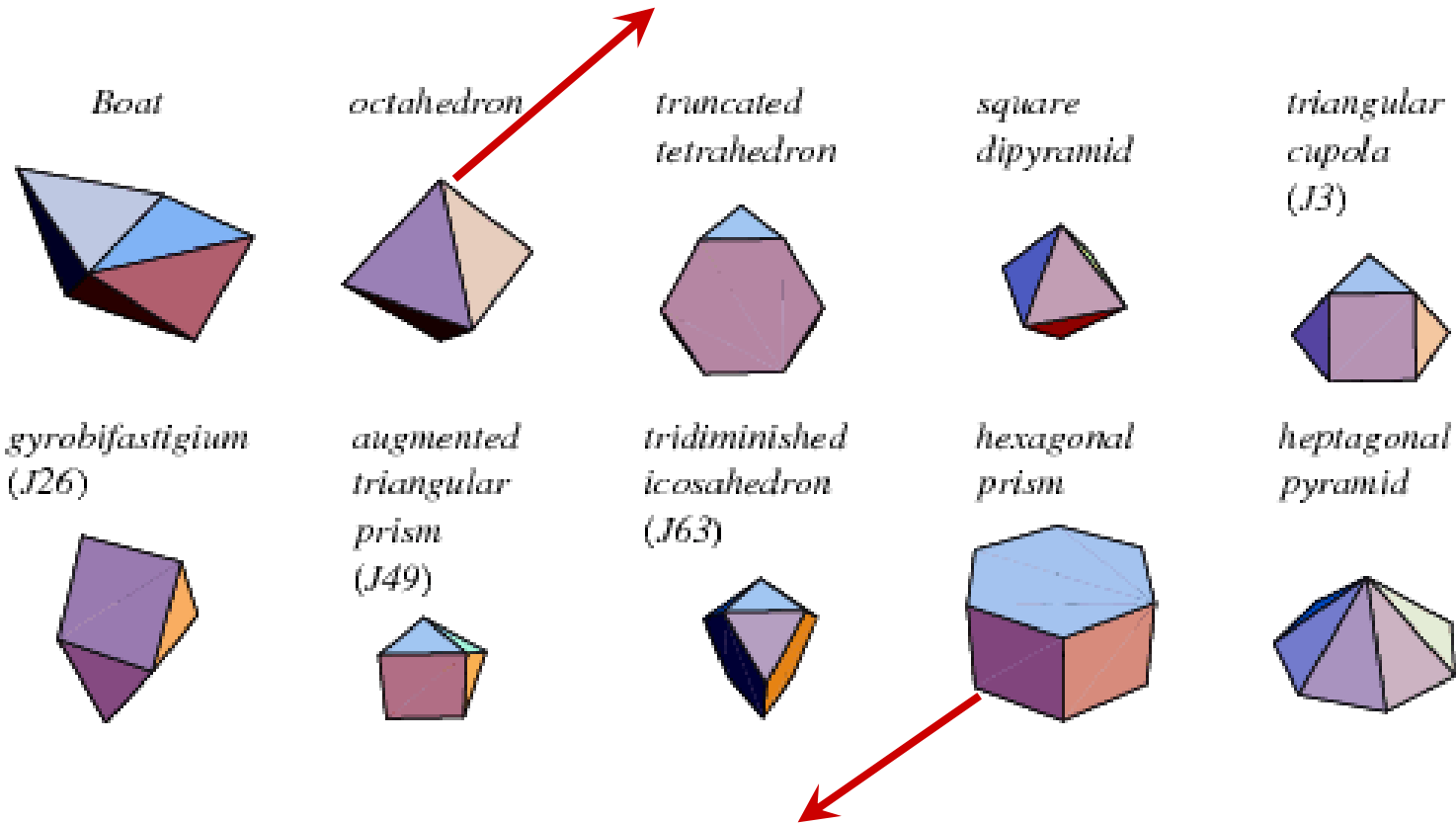
➤ **ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ**

➤ **ΠΡΟΣΟΧΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΞΟΝΩΝ
ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ (L^2 , L^3 , L^4 , L^6)**

**ΔΕΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥΝ ΟΛΑ ΤΑ n -ΕΔΡΑ
ΣΕ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΥΣ ΟΡΥΚΤΩΝ !**

“ΟΚΤΑΕΔΡΑ”: 8-ΕΔΡΑ ($n=8$)

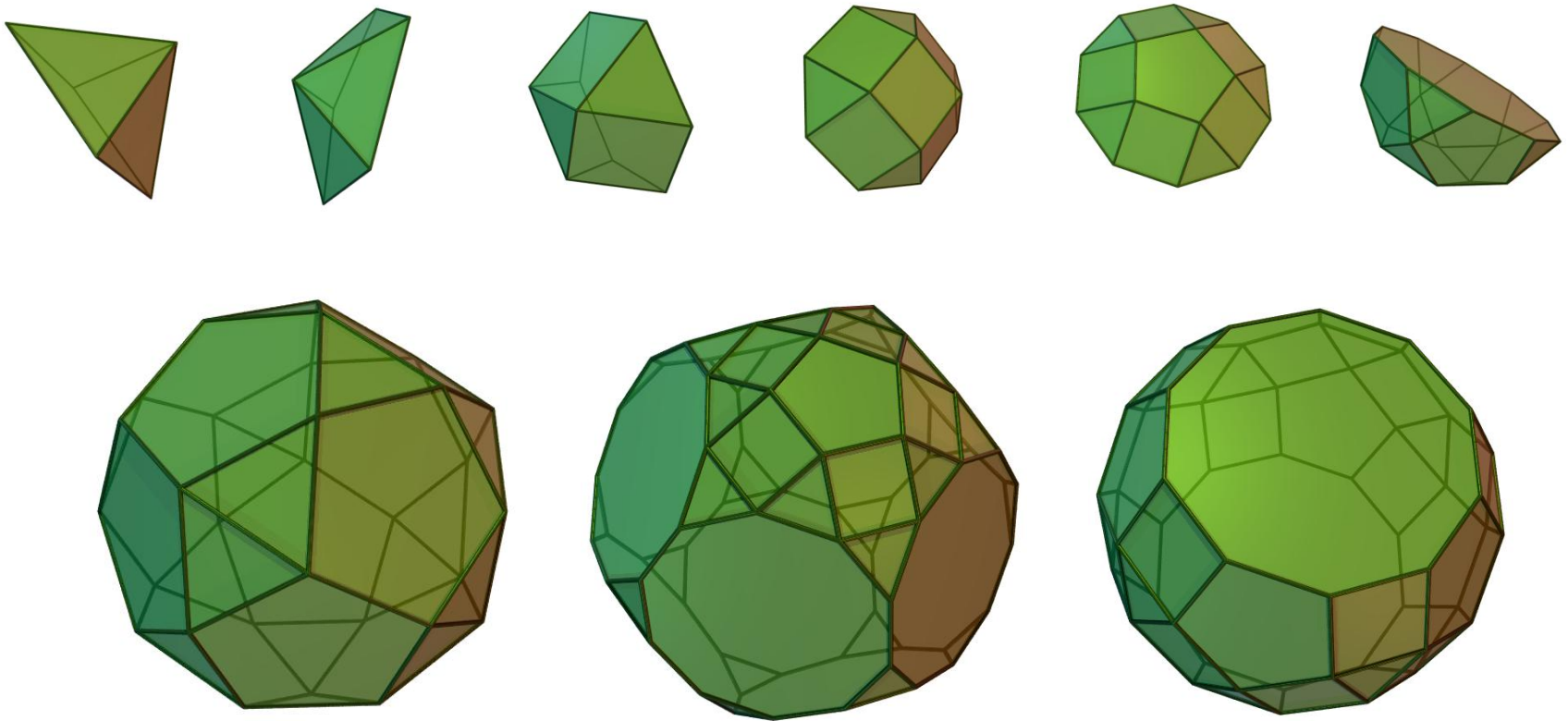
ΟΚΤΑΕΔΡΟ: $3L^4 4L^3 6L^2 3P^4 6P^2 C$ (ΚΥΒΙΚΟ)

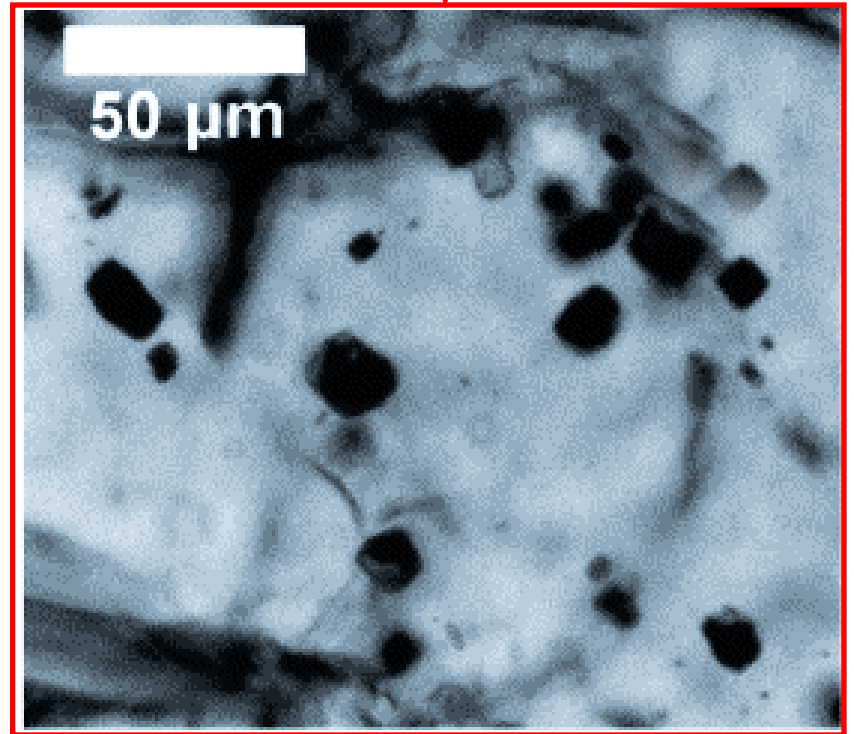
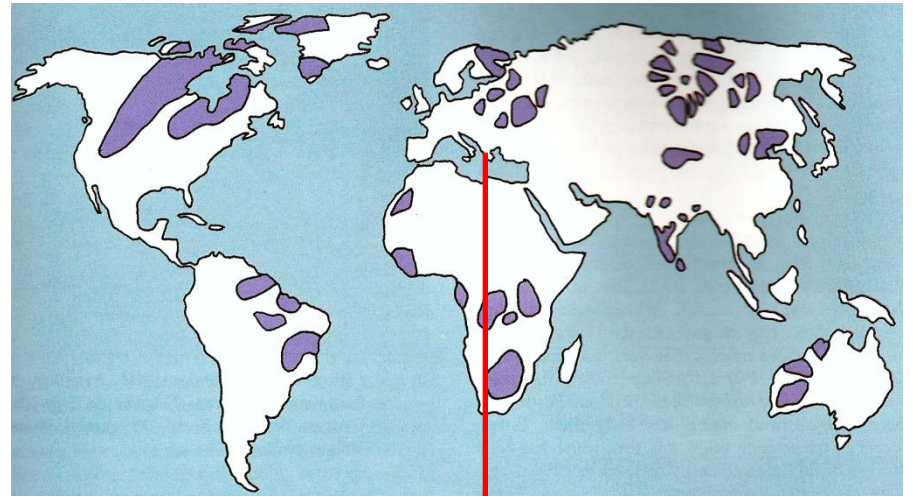


ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ ΠΡΙΣΜΑ: $L^6 3L^2 3L'^2 P^6 3P^2 3P'^2 C$ (ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ)

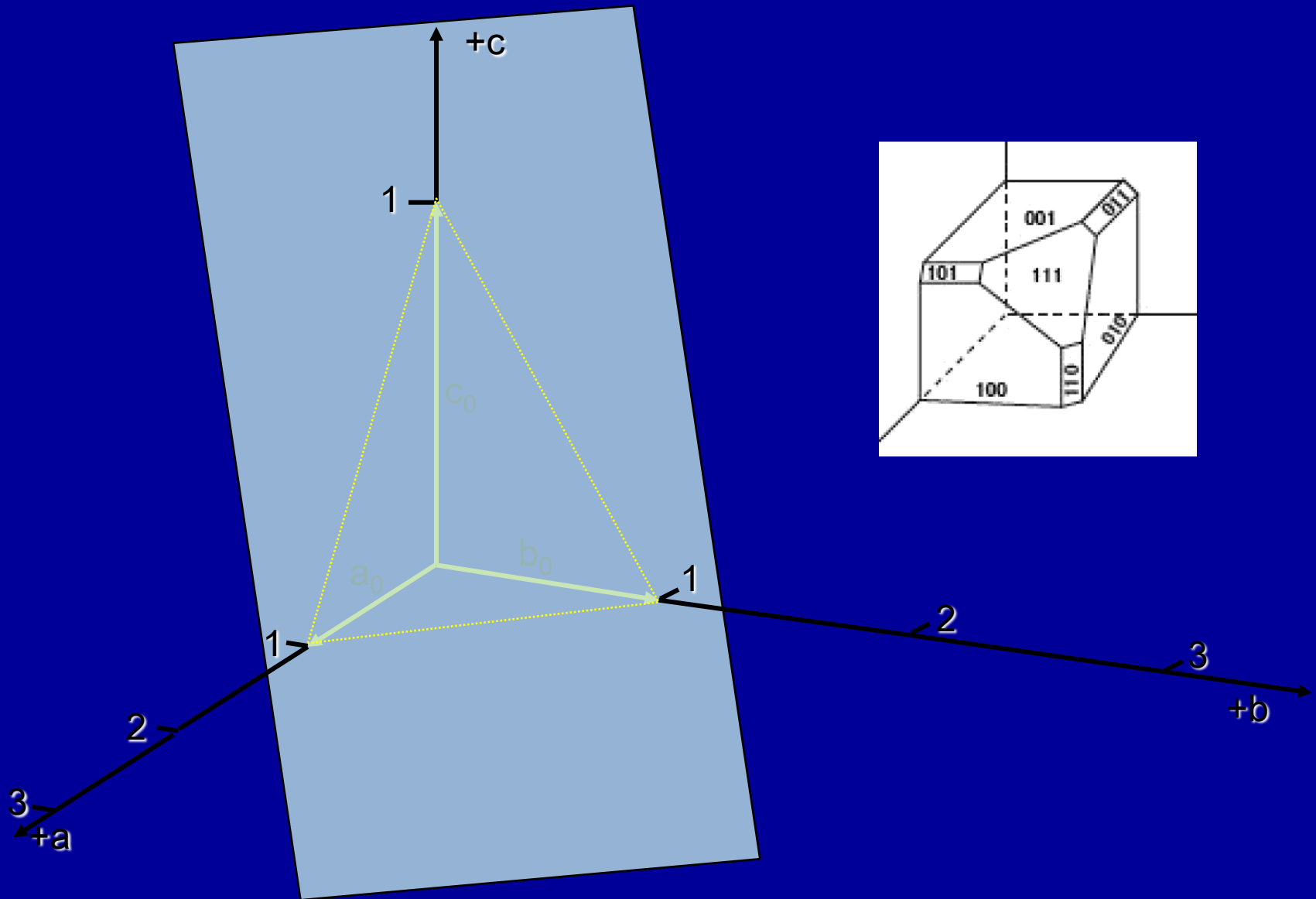
ΣΤΕΡΕΑ JOHNSON (92)

**ΚΥΡΤΑ ΠΟΛΥΕΔΡΑ ΜΕ ΚΑΝΟΝΙΚΑ
ΠΟΛΥΓΩΝΑ ΩΣ ΕΔΡΕΣ ΚΑΙ ΙΣΕΣ ΑΚΜΕΣ**





ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ (111)

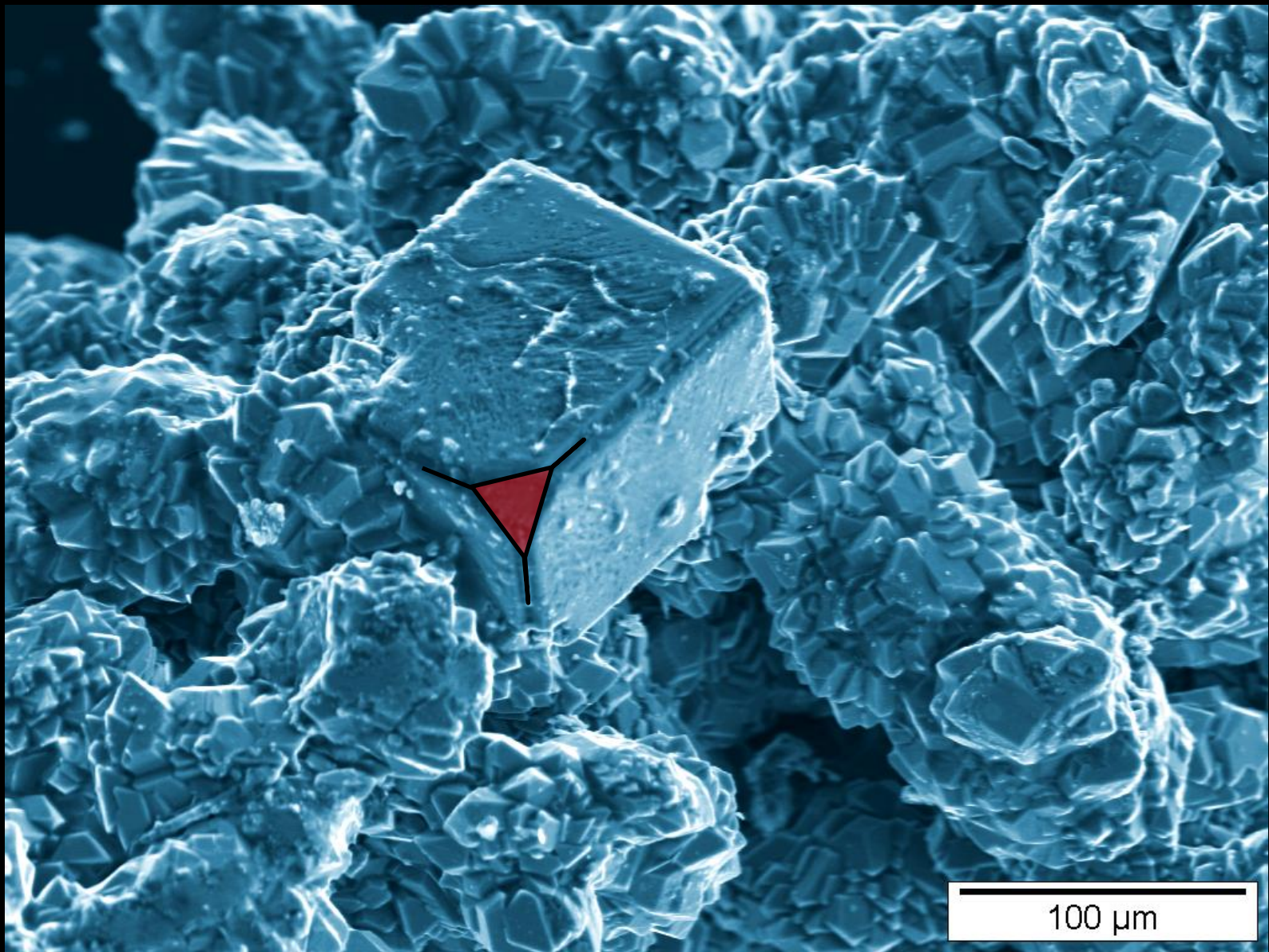




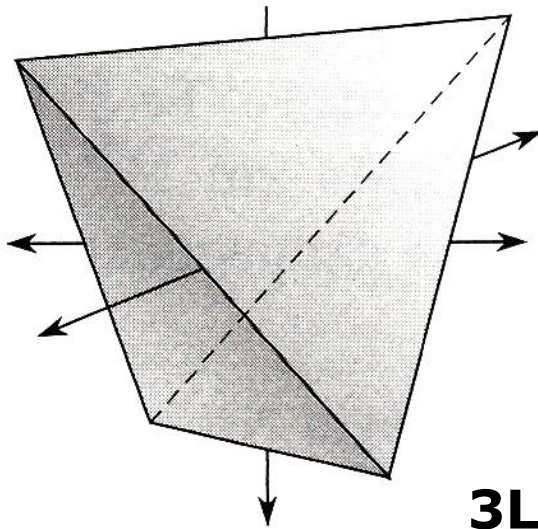
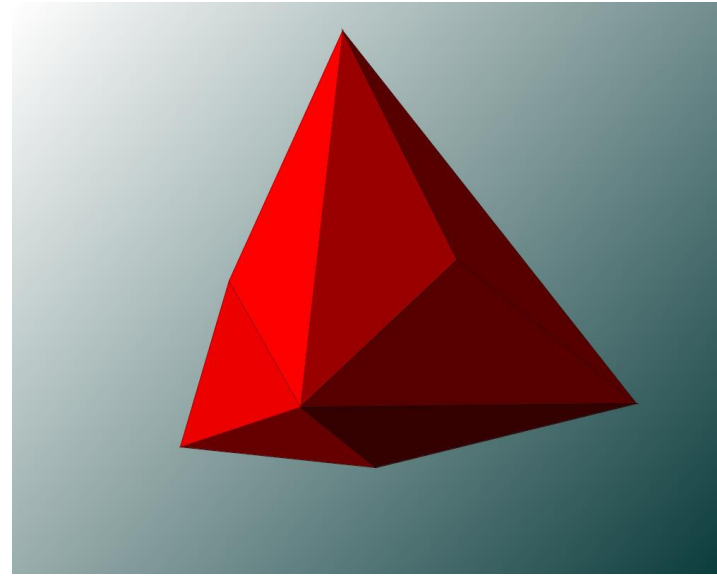
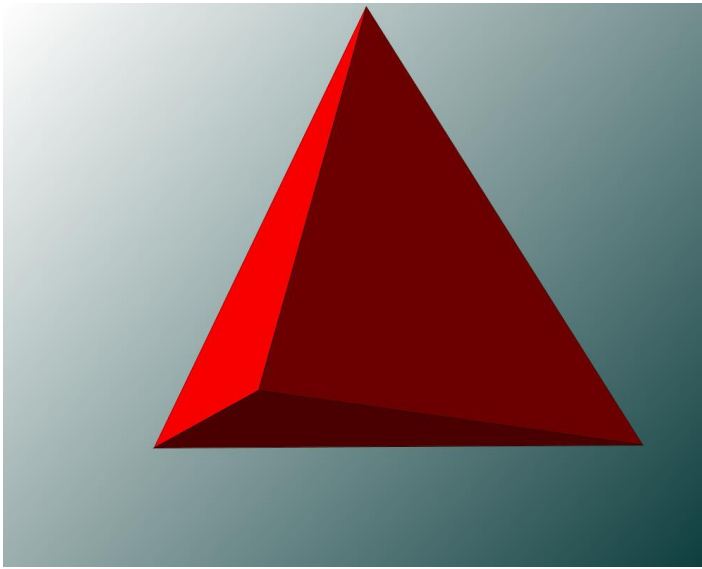
Σιδηροπυρίτης
(FeS_2)

Γαληνίτης \longrightarrow Ag
(PbS)



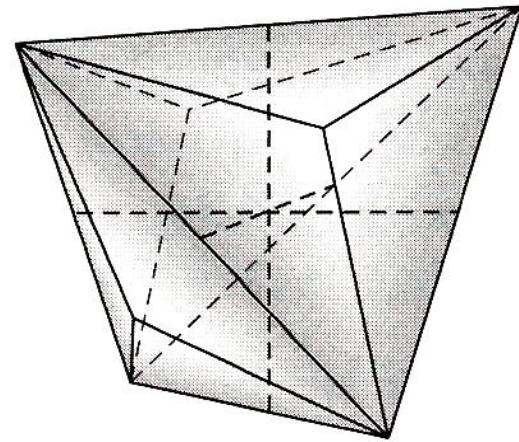


Μικροκρύσταλλος Φθορίτη (CaF₂) πάνω σε Σκοροδίτη (FeAsO₄·2H₂O) από το ΛΑΥΡΙΟ. Μικροφωτογραφία από Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM)



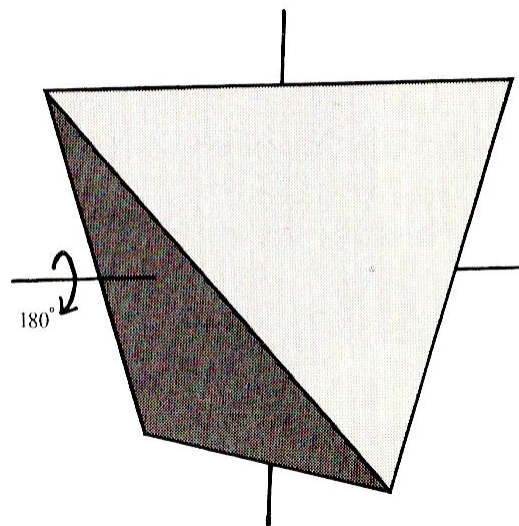
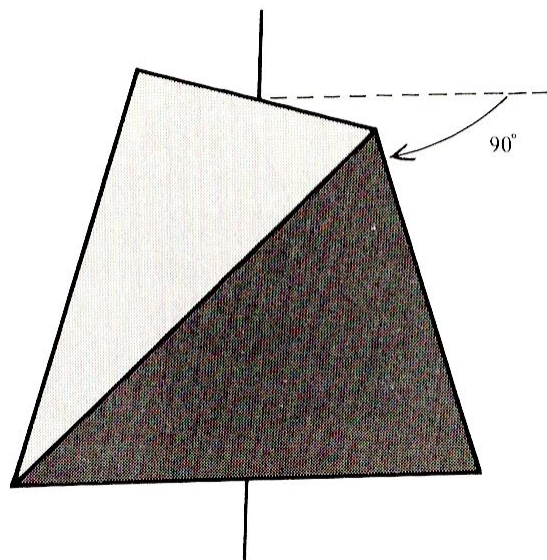
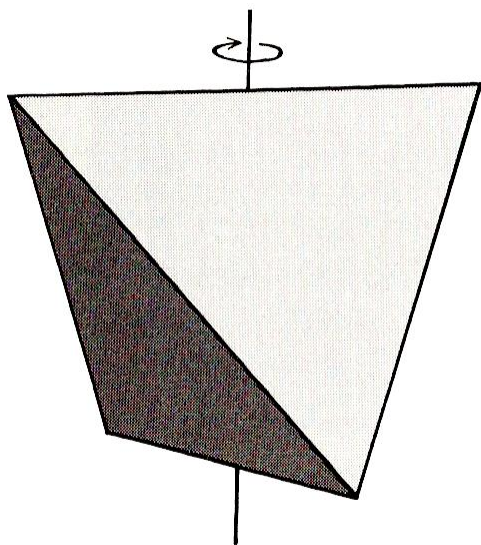
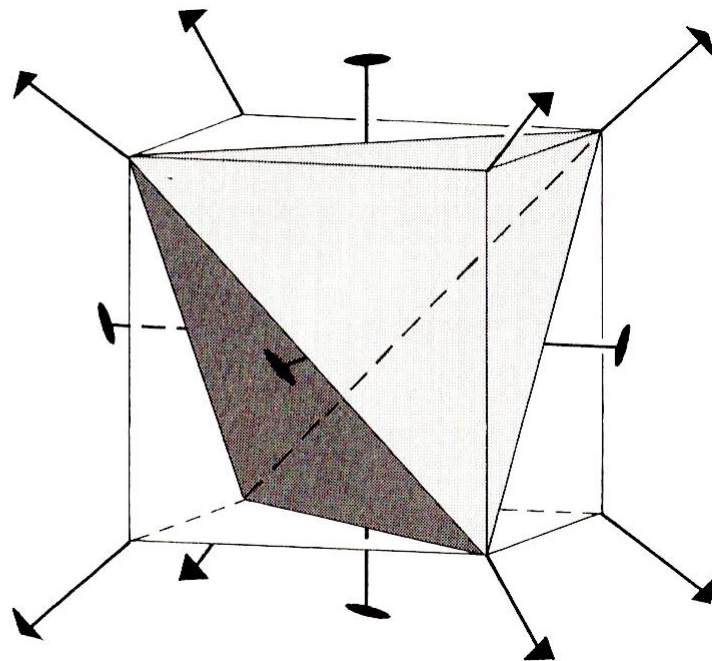
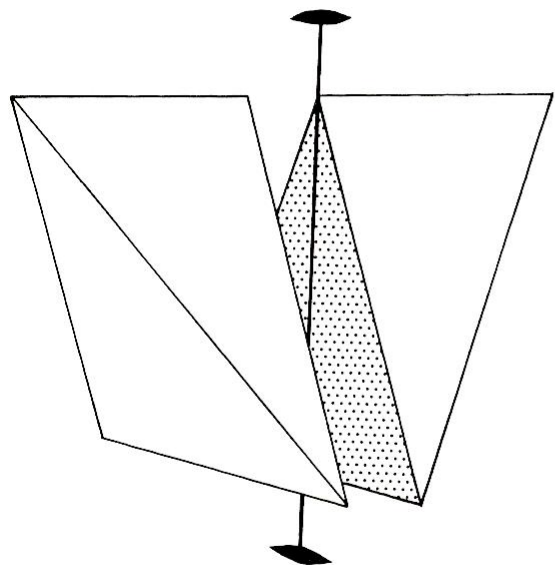
Τετράεδρο

$$3L^{4/2}_{\text{σκ.}} \quad 4L^3_{\text{πολ.}} \quad 6P^2$$

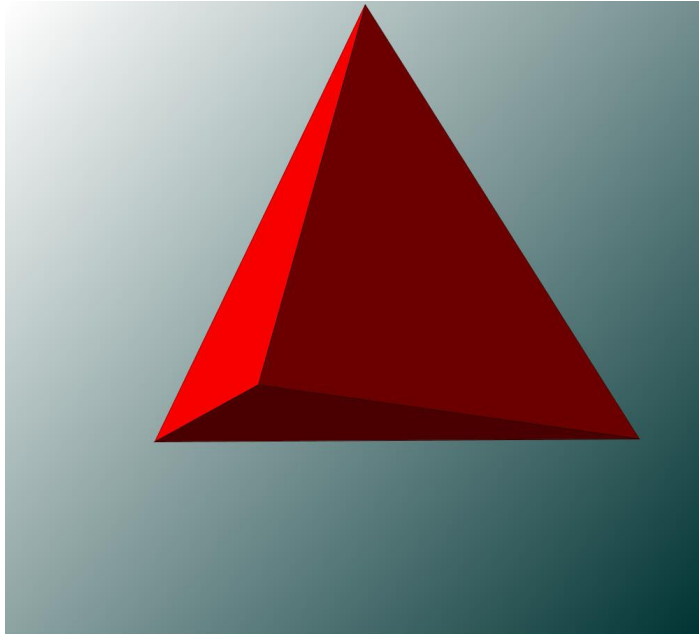


Τρις τετράεδρο

$$3L^2 \quad 4L^3_{\text{πολ.}} \quad 6P^2$$



ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΤΕΤΡΑΕΔΡΟ

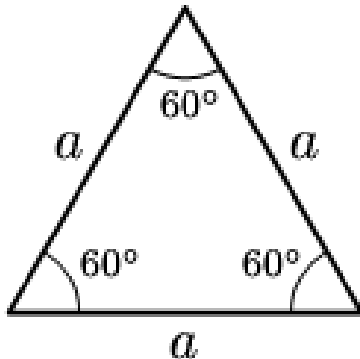


ΕΙΝΑΙ ΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ 5
ΚΑΝΟΝΙΚΑ ΚΥΡΤΑ
(ΠΛΑΤΩΝΙΚΑ) ΣΤΕΡΕΑ

$$A = a^2 \sqrt{3}$$

$$V = \frac{1}{12} a^3 \sqrt{2}$$

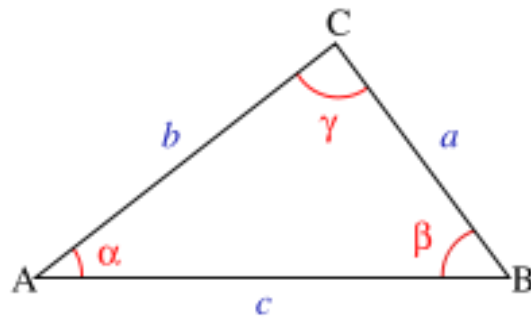
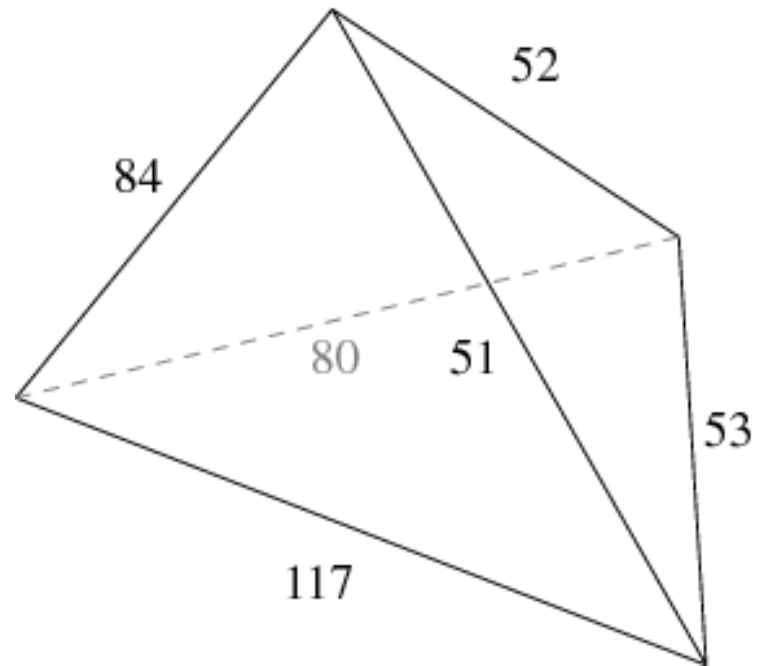
$$h = \sqrt{6}(a/3)$$



ΤΟ "ΤΕΛΕΙΟ"
 ΤΕΤΡΑΕΔΡΟ – ΟΧΙ
 ΑΝΑΓΚΑΣΤΙΚΑ
 ΚΑΝΟΝΙΚΟ
 (ΤΕΤΡΑΕΔΡΟ ΤΟΥ
 ΗΡΩΝΑ)



10 – 70 μ.χ.

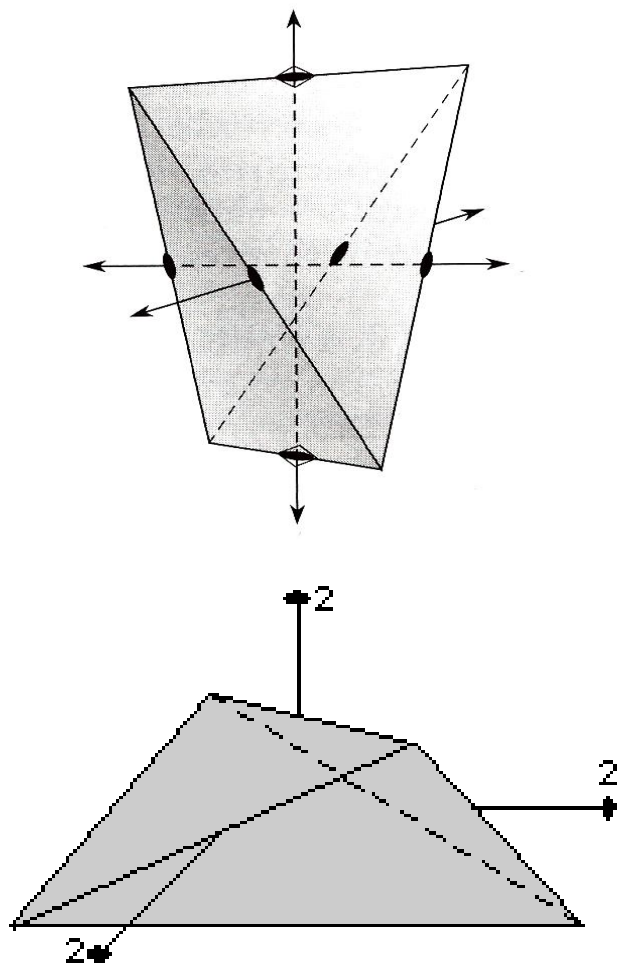


$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

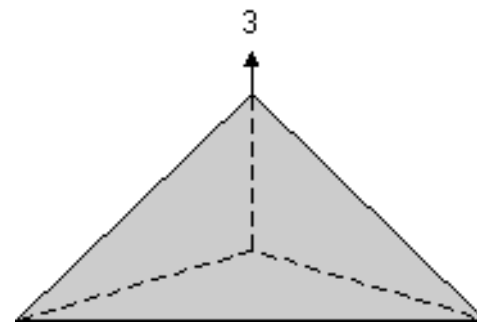
$$s = \frac{a+b+c}{2}$$

$$A = \frac{\sqrt{(a^2 + b^2 + c^2)^2 - 2(a^4 + b^4 + c^4)}}{4}$$

ΣΦΗΝΟΕΔΡΑ (DISRHENOIDS)



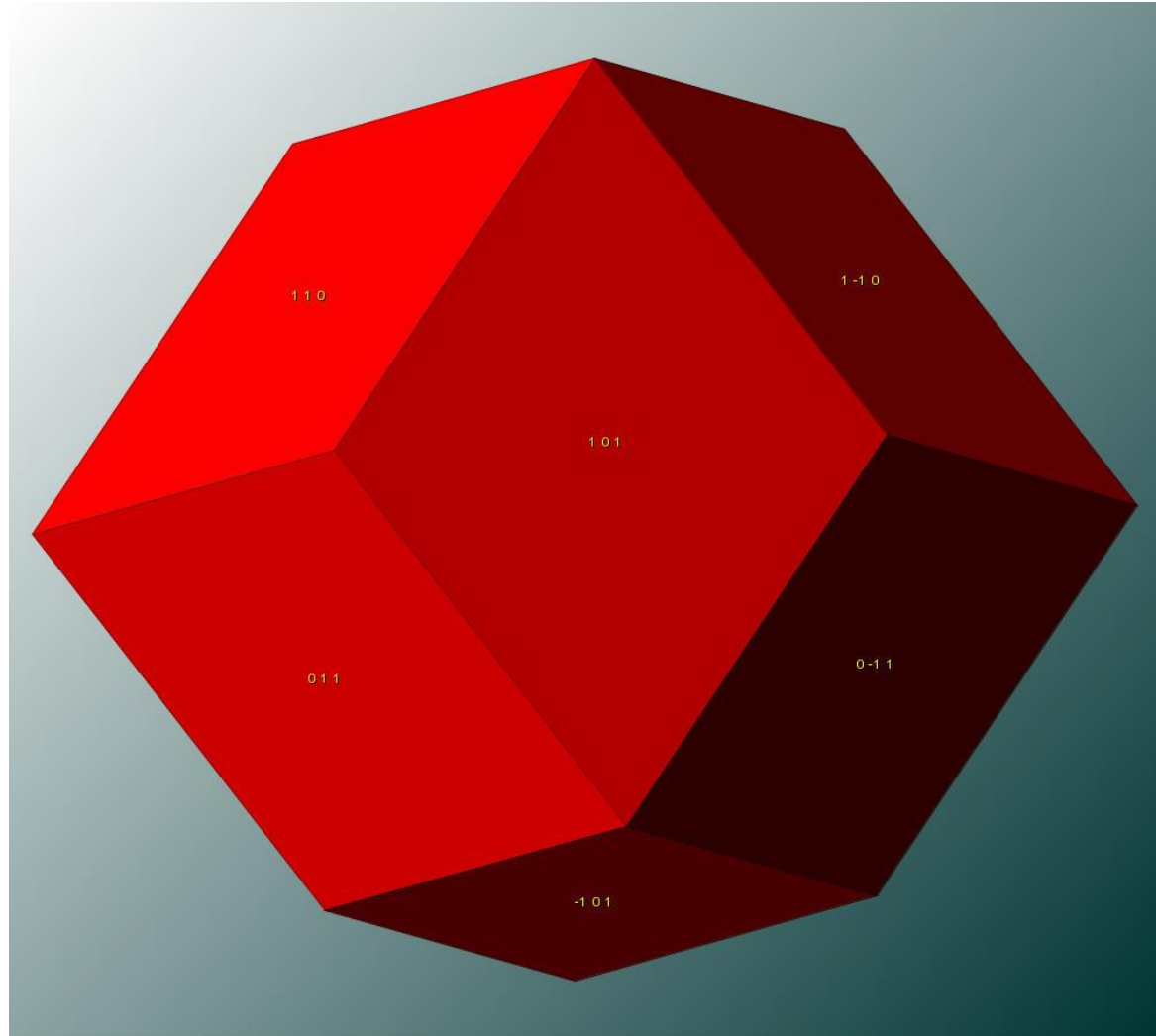
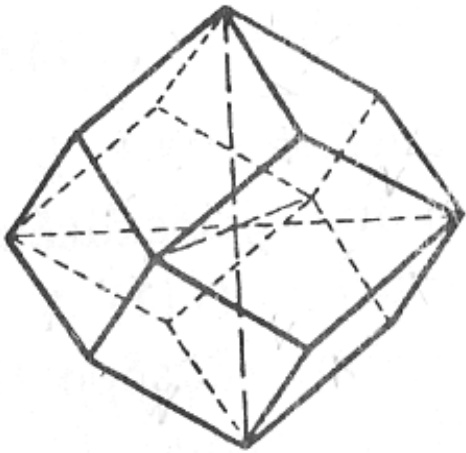
ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΠΥΡΑΜΙΔΑ



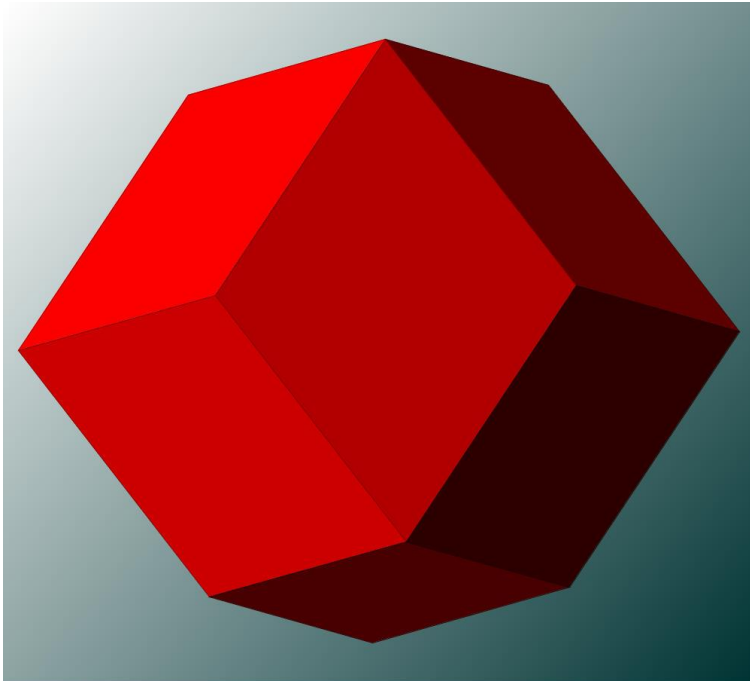
ΡΟΜΒΙΚΟ ΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ

$3L^4$ $4L^3_{\sigma_k}$ $6L^2$ $3P^4$ $6P^2$ C

$3L^4$ $4L^3$ $6L^2$ $3P^4$ $6P^2$ C



ΡΟΜΒΙΚΟ ΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ



ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΣ

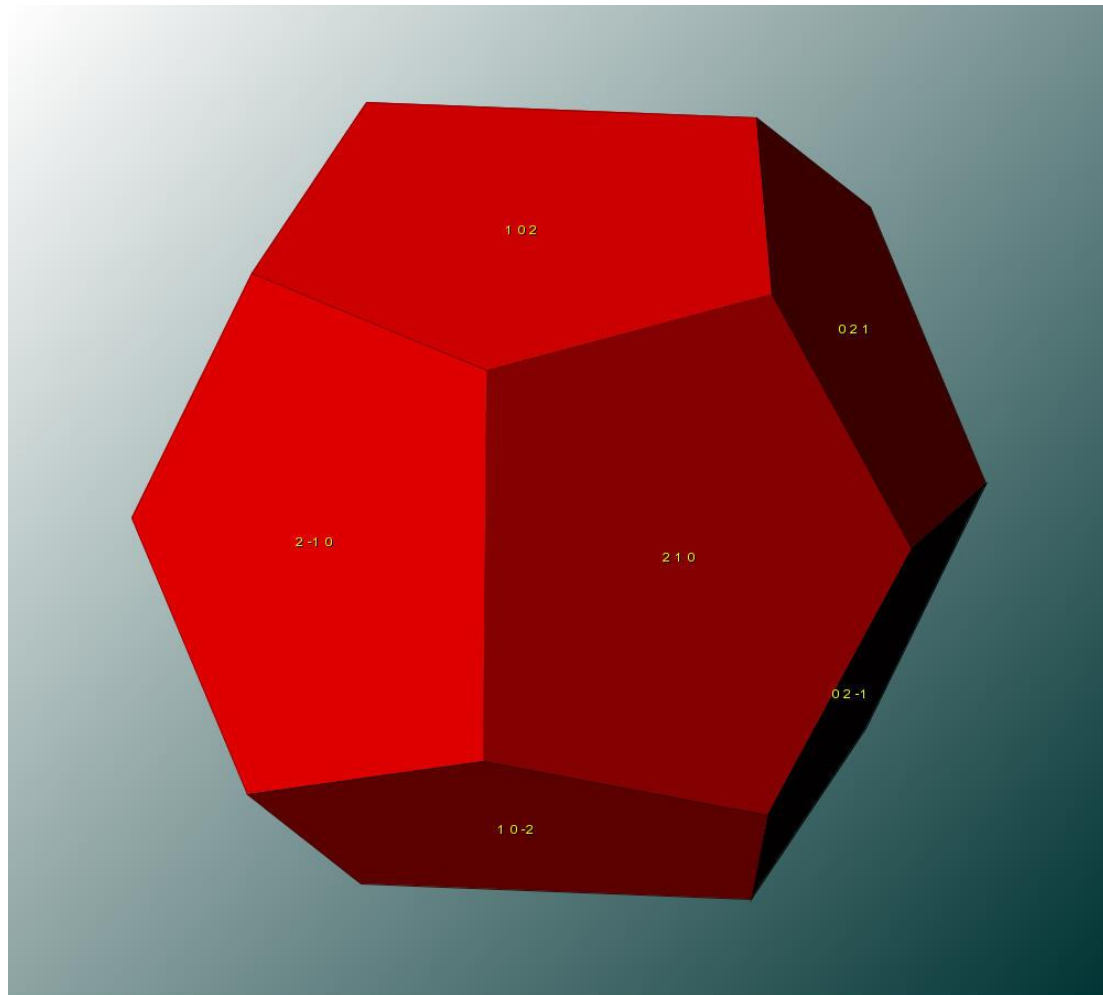
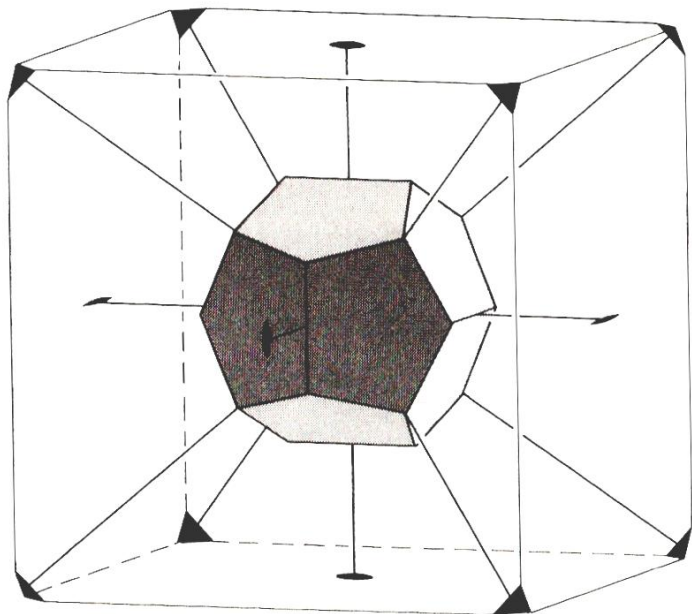
ΓΡΑΝΑΤΗ



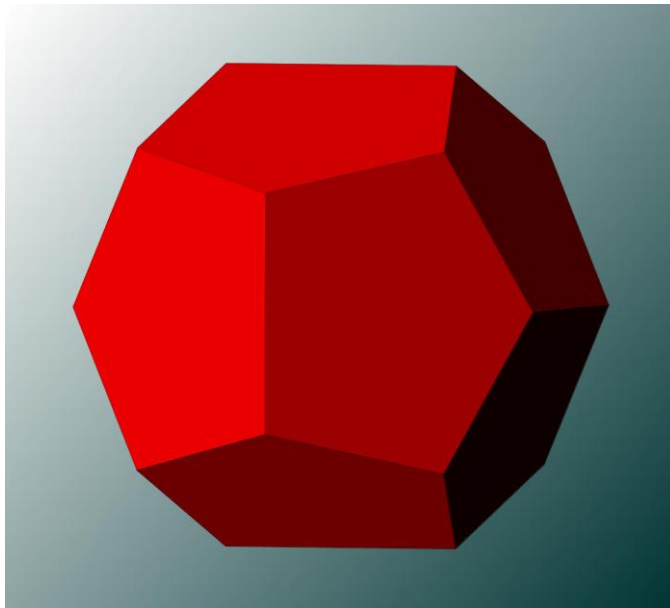
(ΜΗ ΚΑΝΟΝΙΚΟ) ΠΕΝΤΑΓΩΝΙΚΟ ΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ

$3L^{4/2}$ $4L^3$ $3P^{4/2}$ C
σκ.

$3L^2$ $4L^3$ $3P^2$ C

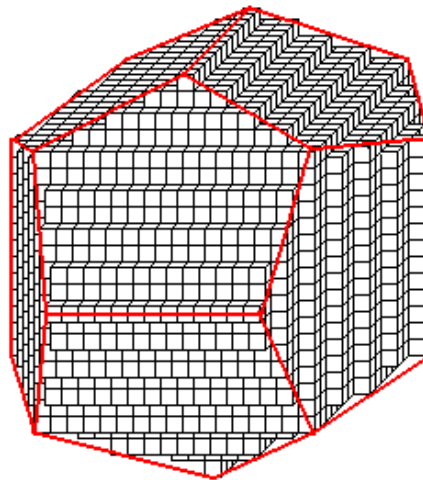
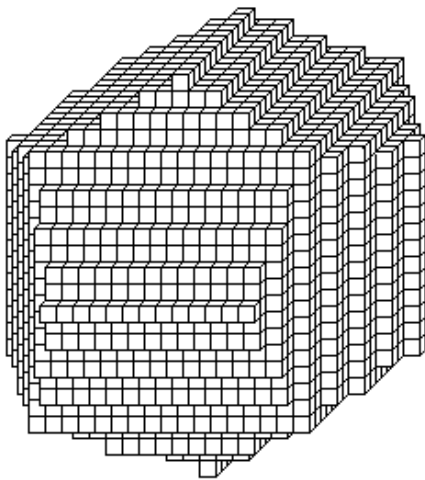


(ΜΗ ΚΑΝΟΝΙΚΟ) ΠΕΝΤΑΓΩΝΙΚΟ ΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ



ΠΥΡΙΤΟΕΔΡΟ

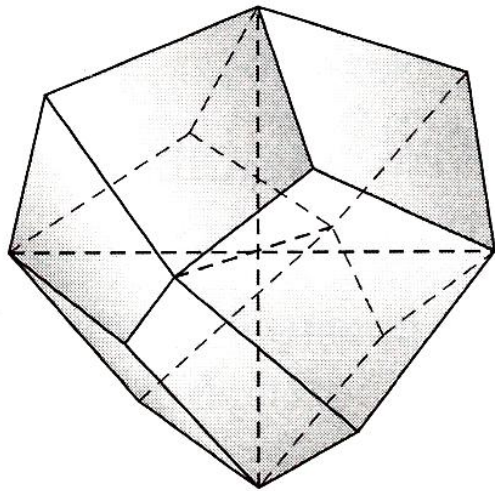
Σιδηροπυρίτης
(FeS_2)



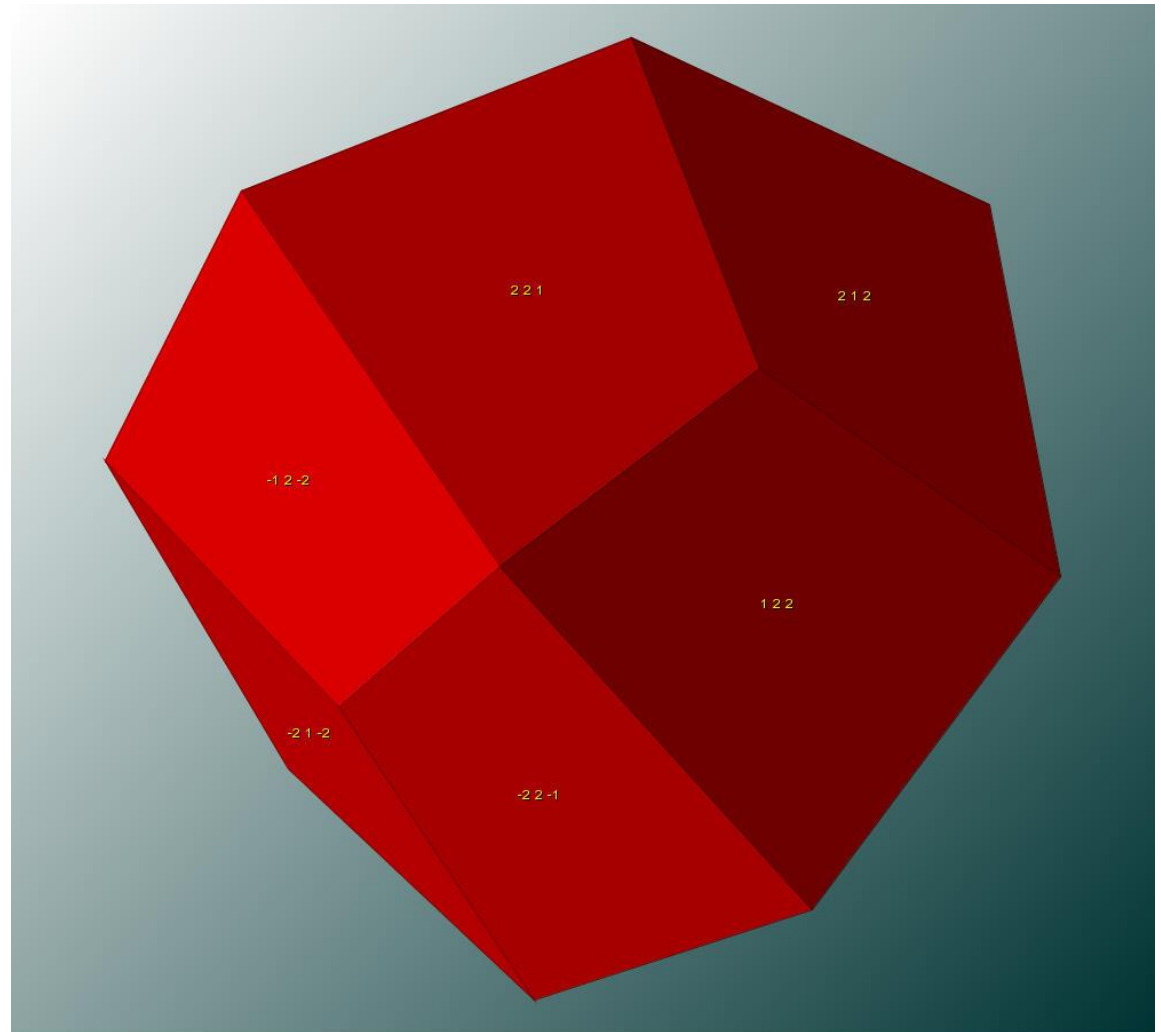
ΔΕΛΤΟΕΙΔΕΣ ΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ

$3L^{4/2}$ _{σκ.} $4L^3$ _{πολ.} $6P^2$

$3L^2$ $4L^3$ _{πολ.} $6P^2$



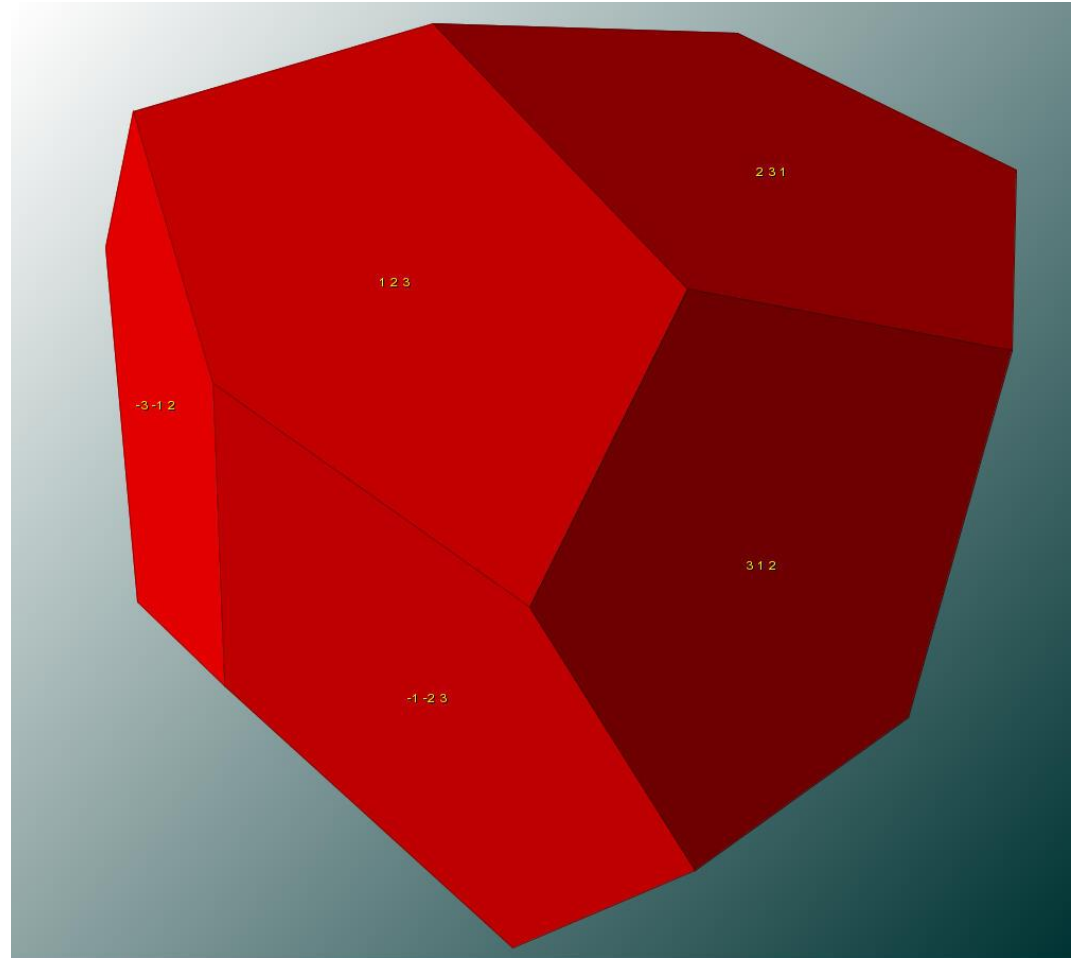
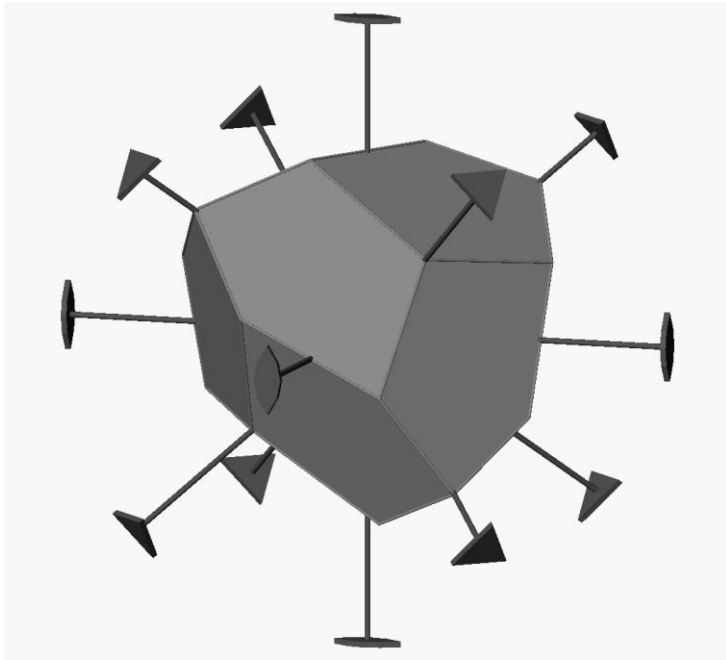
Δελτοειδές δωδεκάεδρο



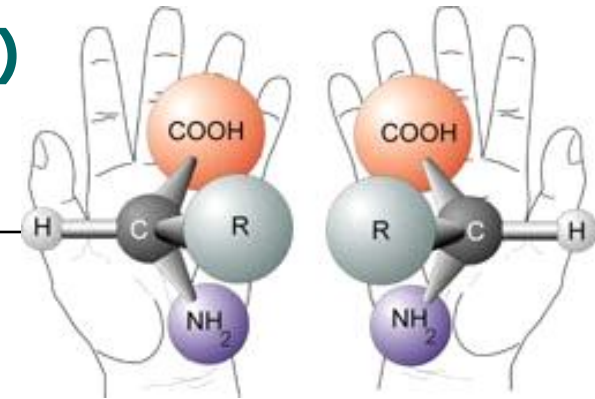
ΤΕΤΑΡΤΟΕΔΡΙΚΟ ΠΕΝΤΑΓΩΝΙΚΟ ΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ

$3L^{4/2}$ $4L^3$ πολ.

$3L^2$ $4L^3$ πολ.

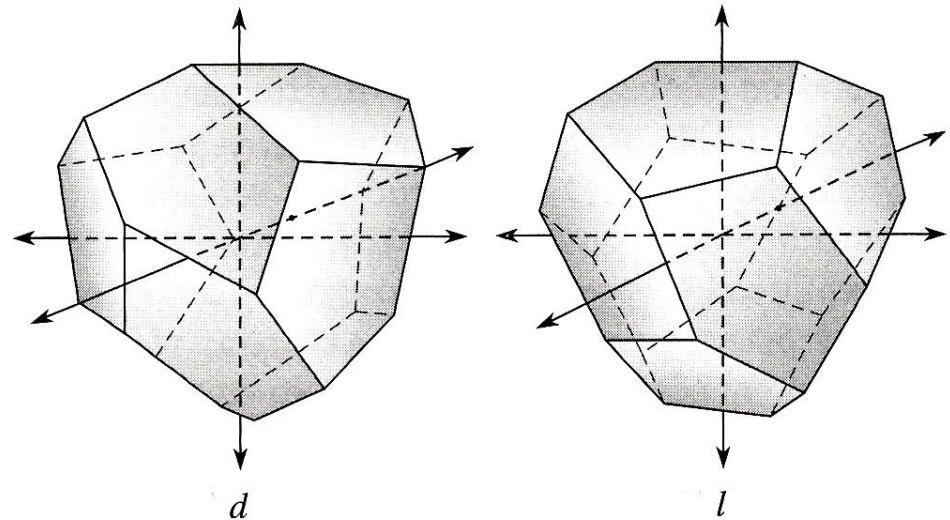
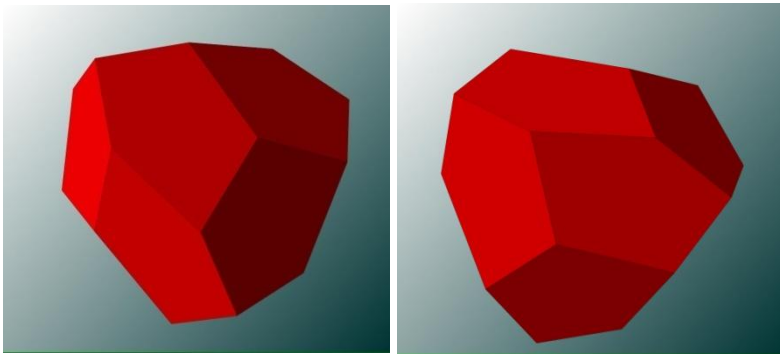


Εναντιομορφισμός (Enantiomorphism) Χειρομορφία (Chirality)



D- και L-Μορφές

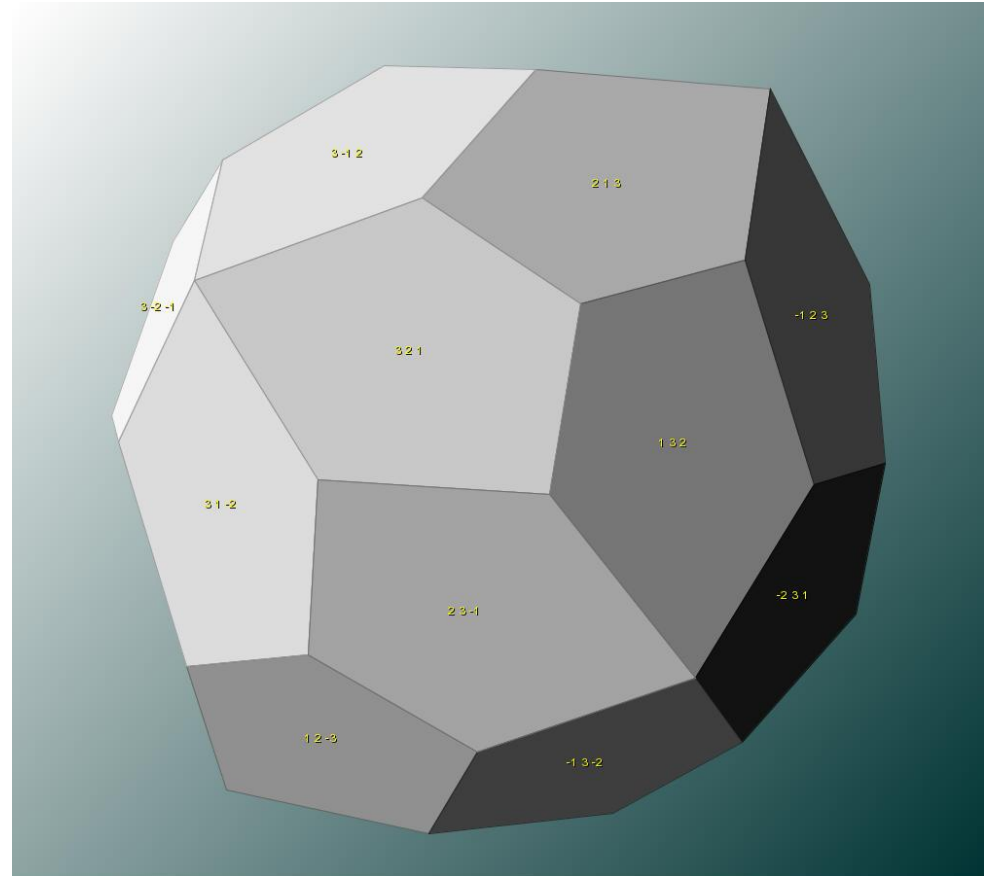
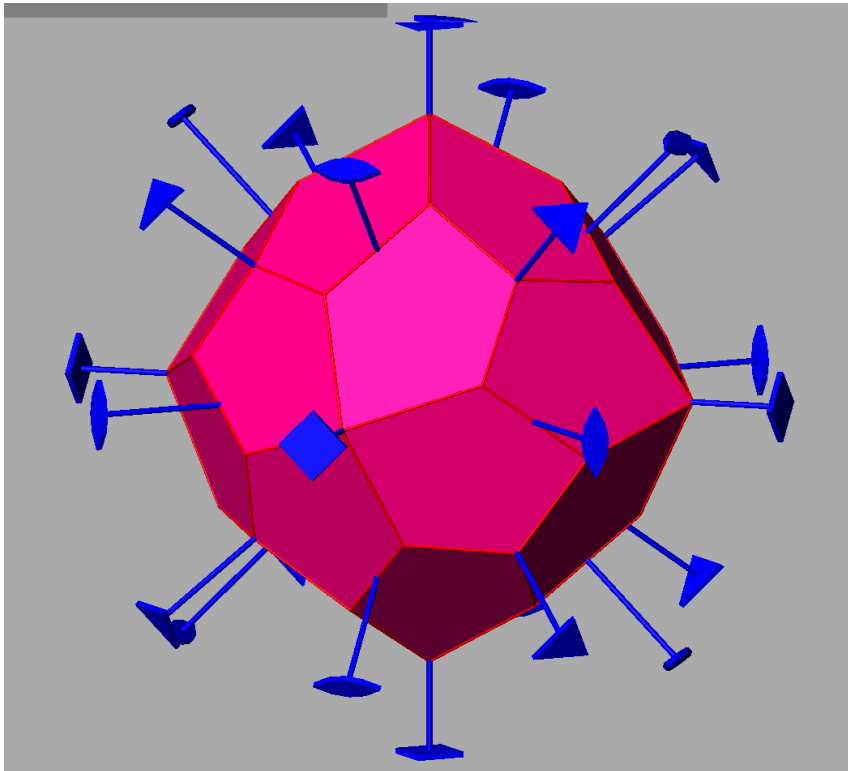
Εναντιόμορφοι κρύσταλλοι



Απουσία επιπέδων συμμετρίας (P) και κέντρου συμμετρίας (C)

**ΠΕΝΤΑΓΩΝΙΚΟ
ΕΙΚΟΣΙΤΕΤΡΑΕΔΡΟ
(D και L)**

$$3L^4 4L^3 6L^2$$



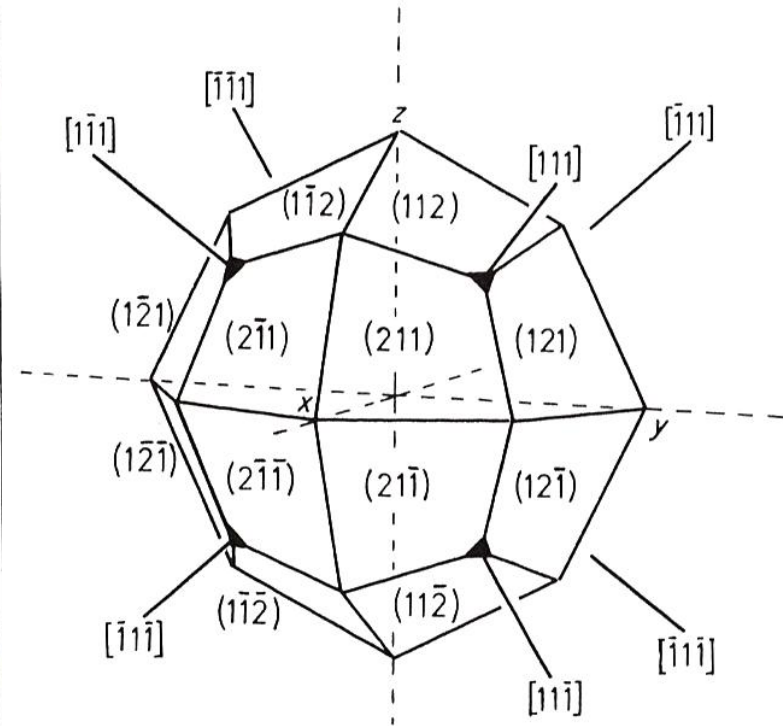
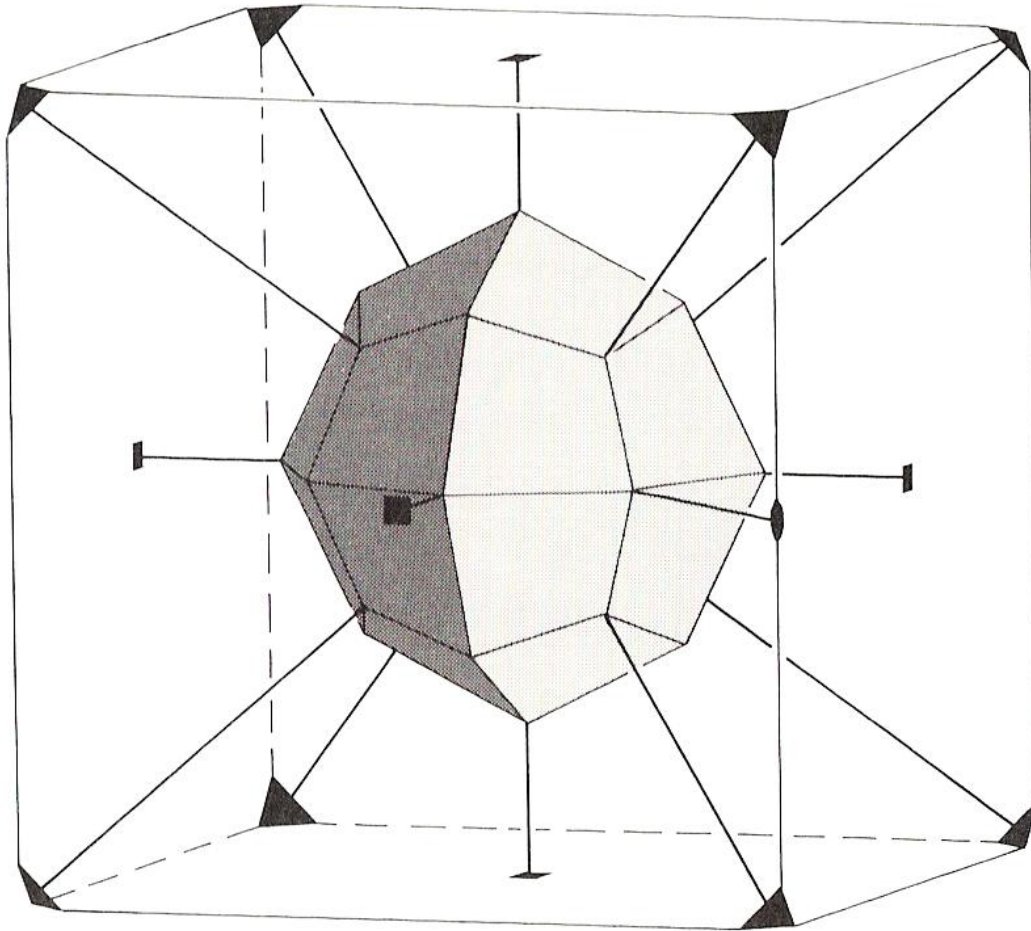
**Απουσία επιπέδων
συμμετρίας (P) και
κέντρου συμμετρίας (C)**

ΔΕΛΤΟΕΙΔΕΣ ΕΙΚΟΣΙΤΕΤΡΑΕΔΡΟ

$3L^4$ $4L^3$ $6L^2$ $3P^4$ $6P^2$ C } σ_k

$3L^4$ $4L^3$ $6L^2$ $3P^4$ $6P^2$ C

ΚΥΒΙΚΗ ΟΛΟΕΔΡΙΑ



ΔΕΛΤΟΕΙΔΕΣ ΕΙΚΟΣΙΤΕΤΡΑΕΔΡΟ

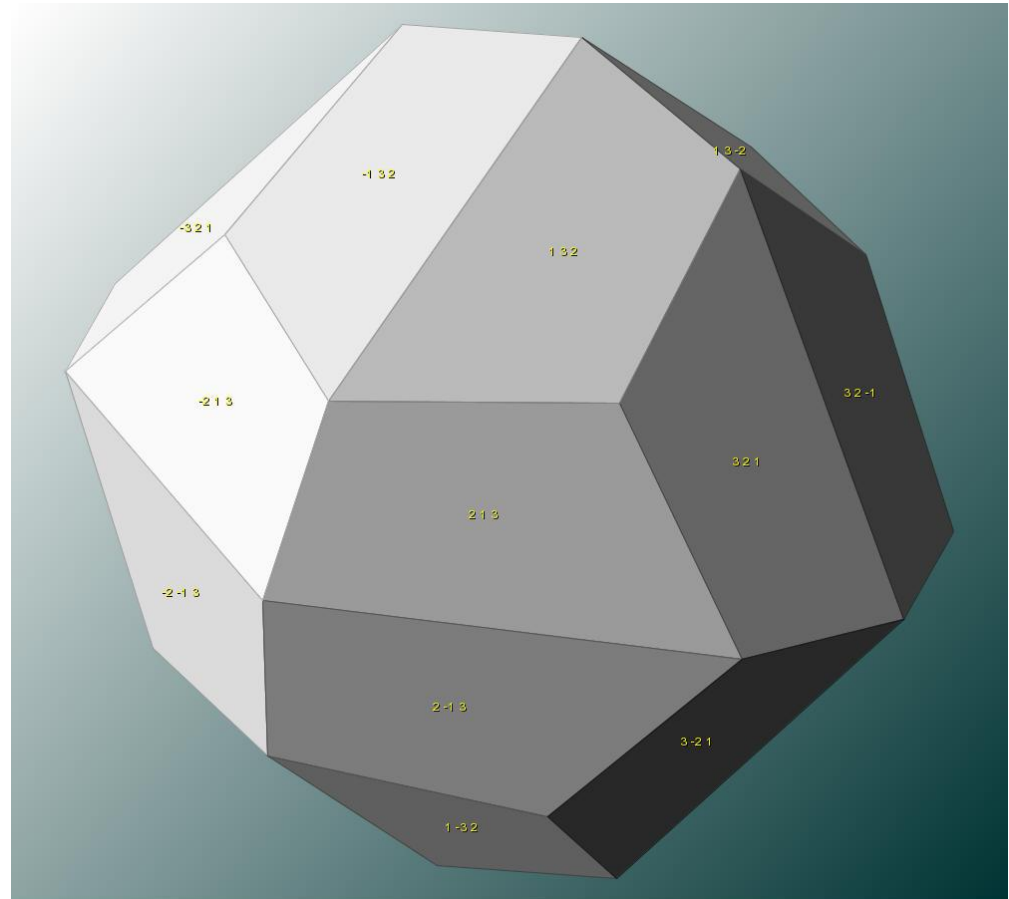
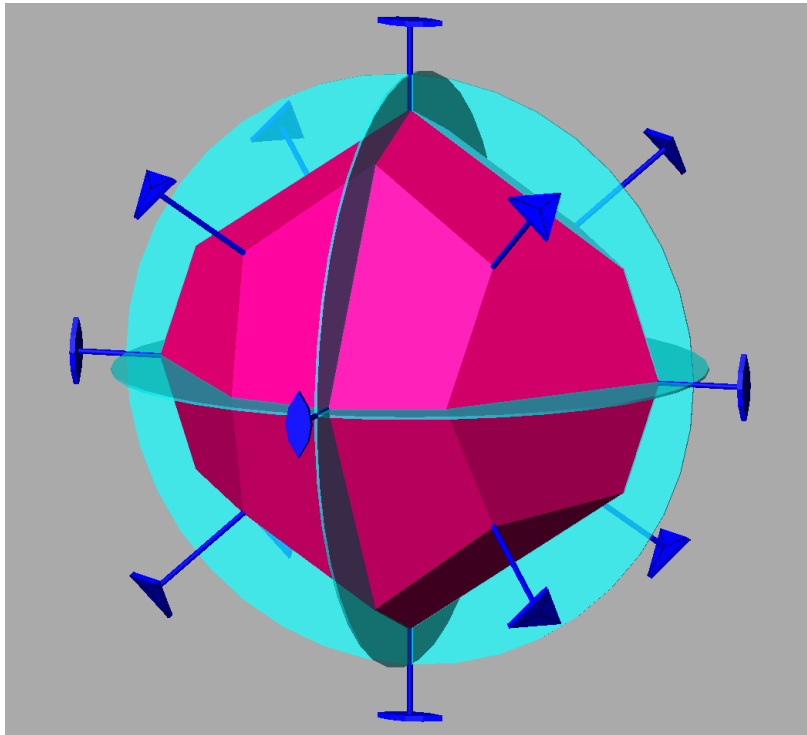


ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΣ ΓΡΑΝΑΤΗ

ΔΙΣΔΩΔΕΚΑΕΔΡΟ

$3L^{4/2}$ $4L^3$ σκ. $3P^{4/2}$ C

$3L^2$ $4L^3$ $3P^2$ C



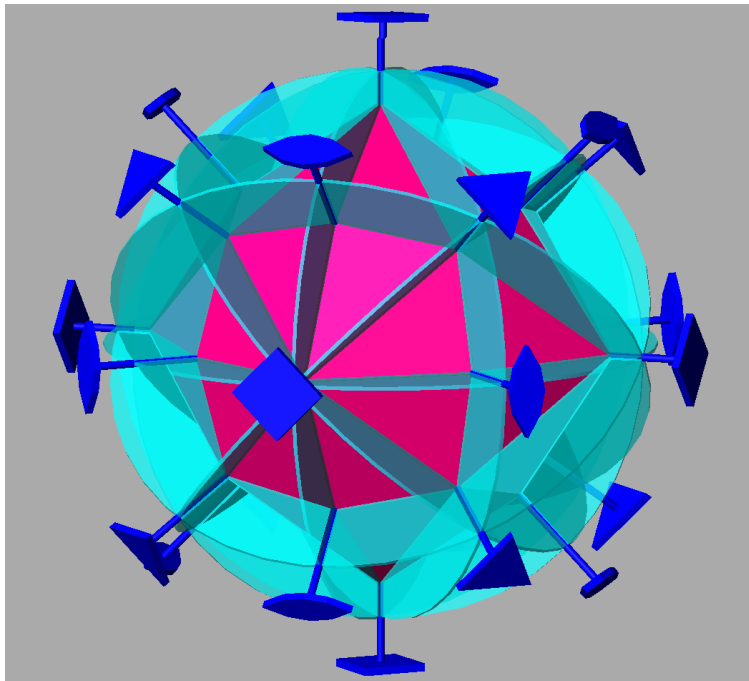
Επίπεδα (P) και κέντρο
συμμετρίας (C)

$3L^4 4L^3_{\sigma_k} 6L^2 3P^4 6P^2 C$

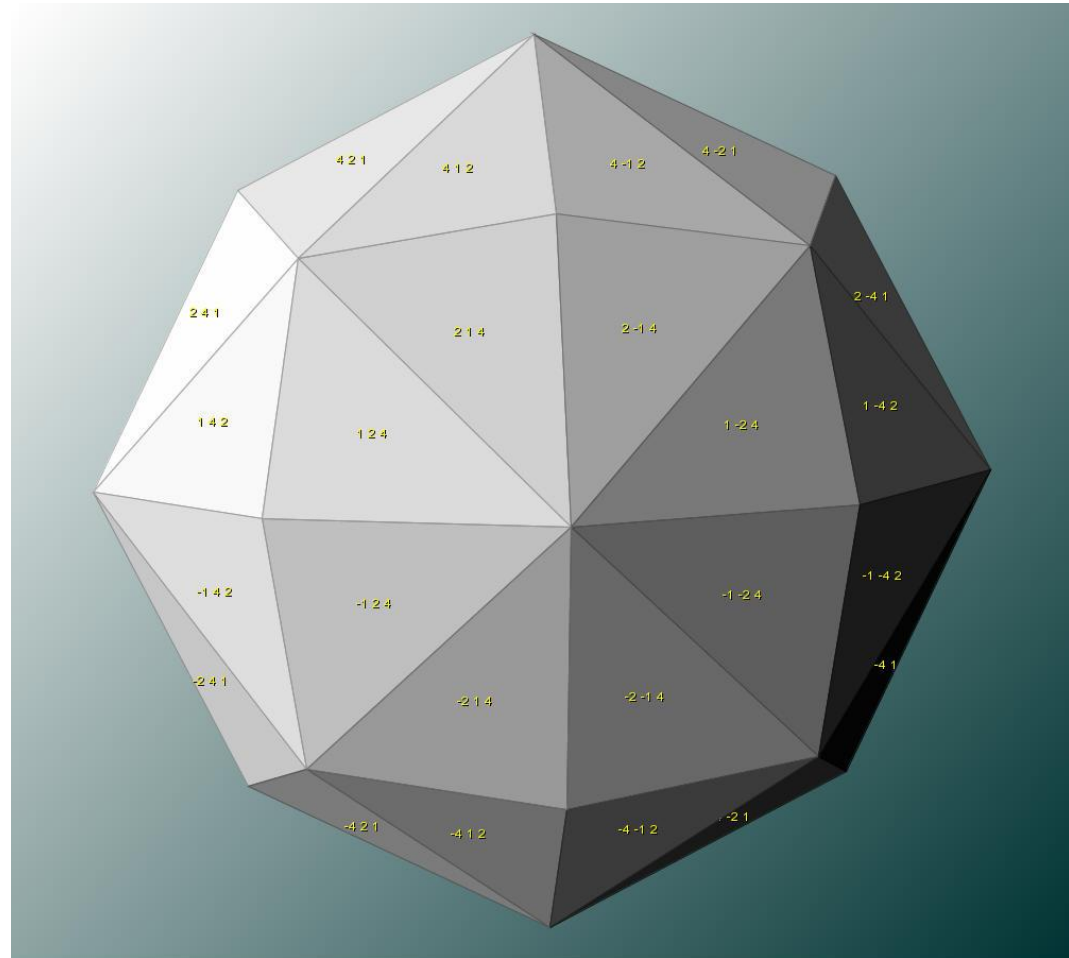
$3L^4 4L^3 6L^2 3P^4 6P^2 C$

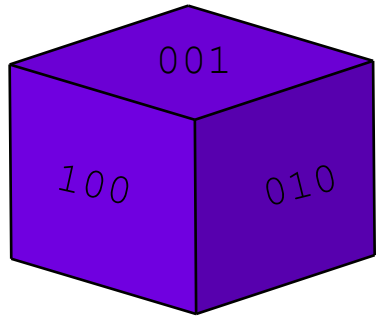


ΚΥΒΙΚΗ ΟΛΟΕΔΡΙΑ

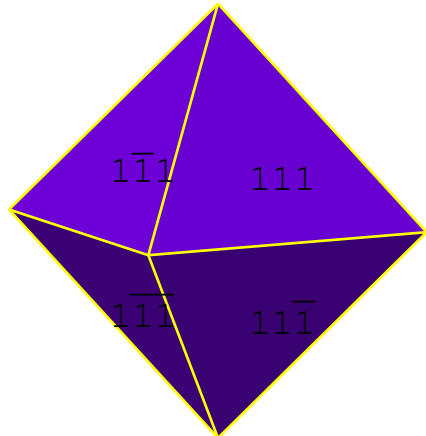


ΤΕΣΣΑΡΑΚΟΝΤΑΟΚΤΑΕΔΡΟ

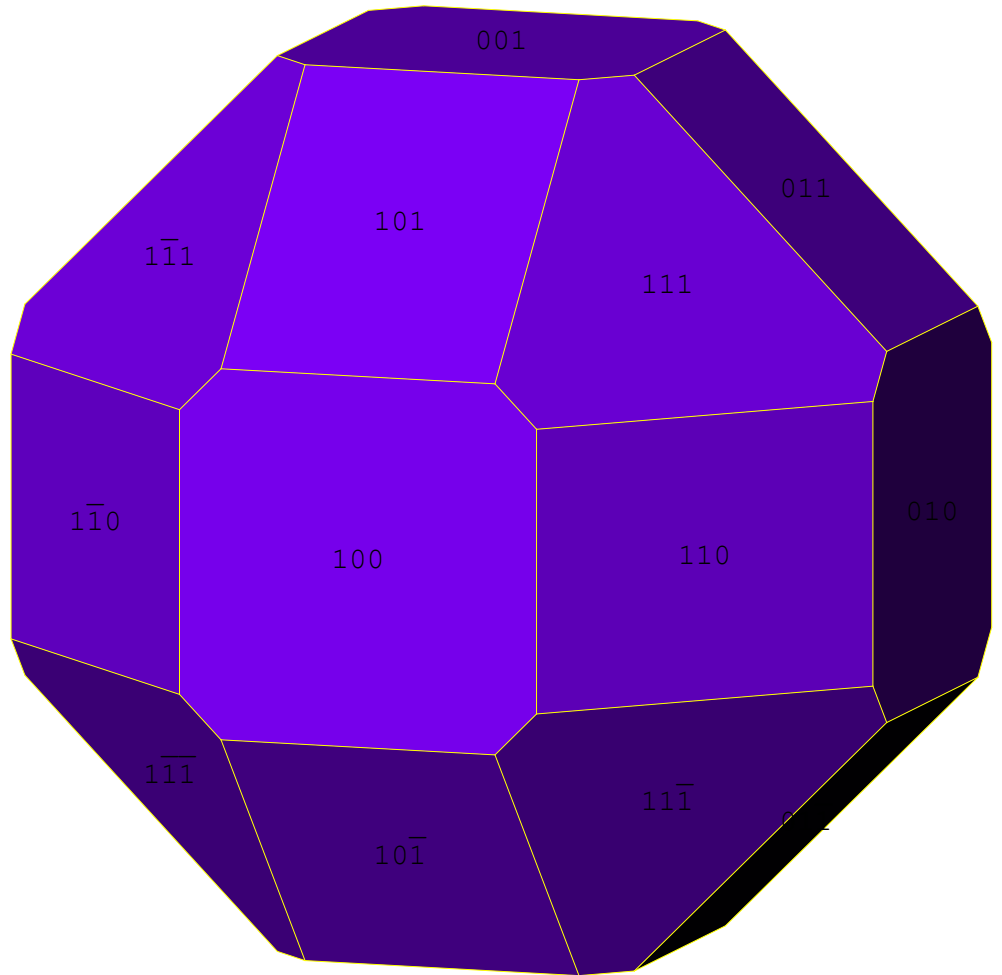
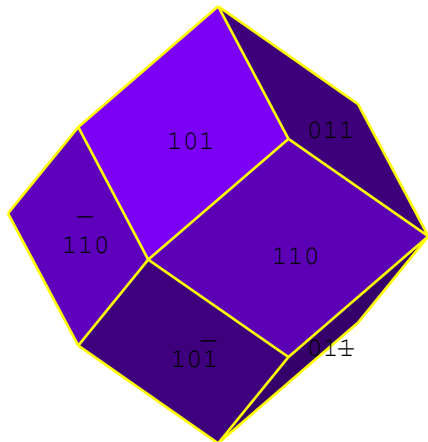




+

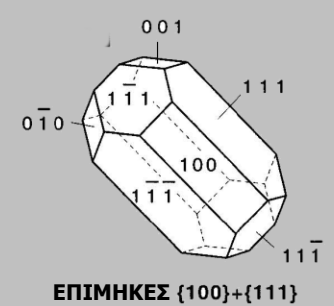
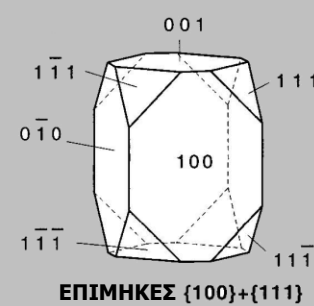
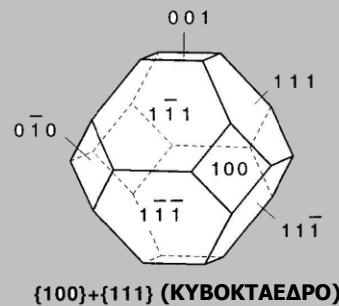
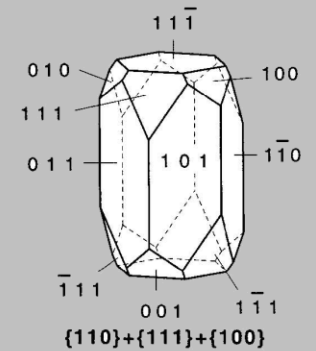
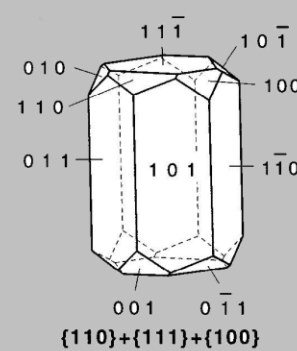
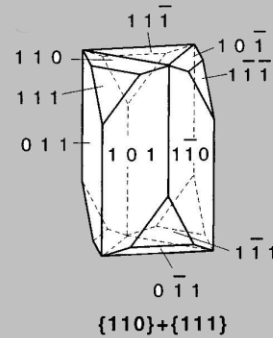
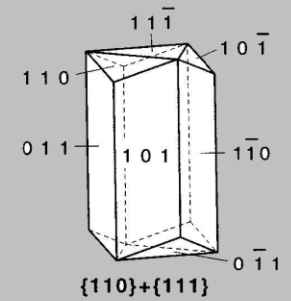
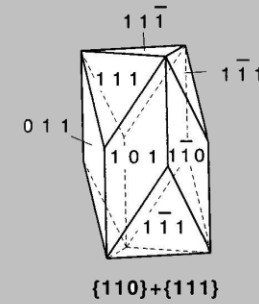
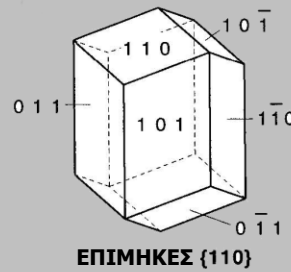
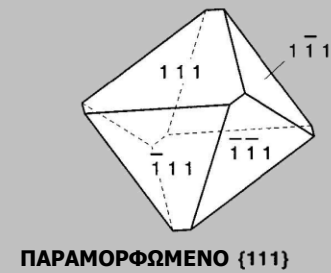
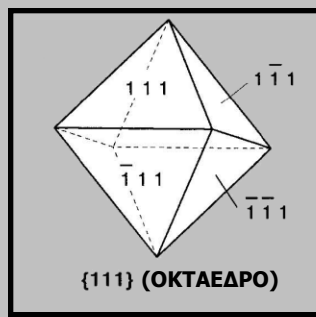
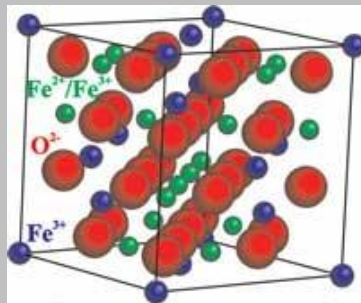


+



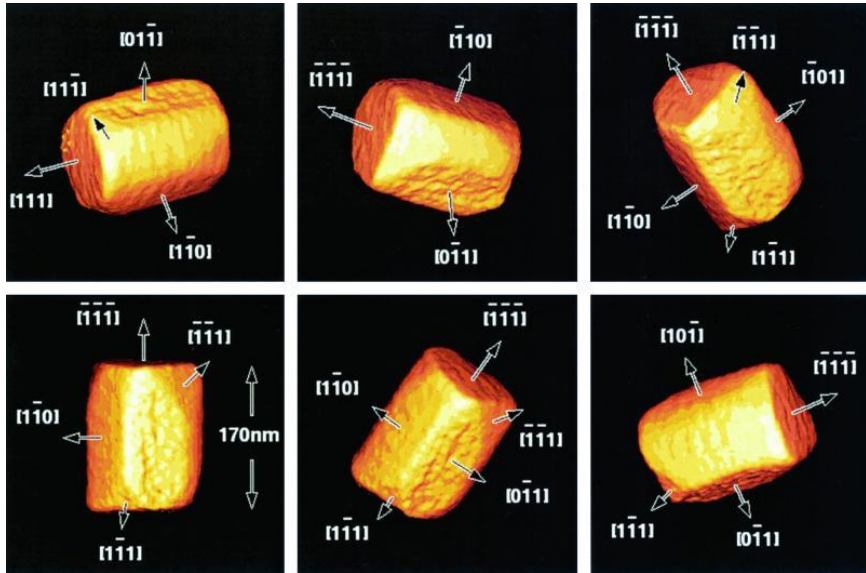
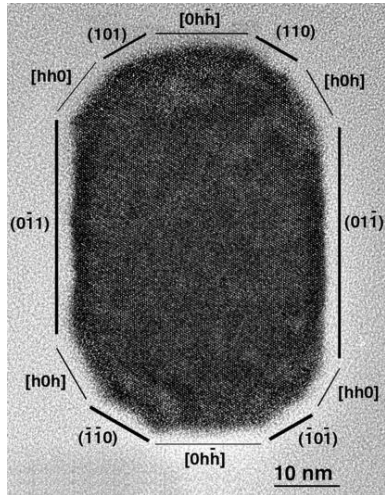
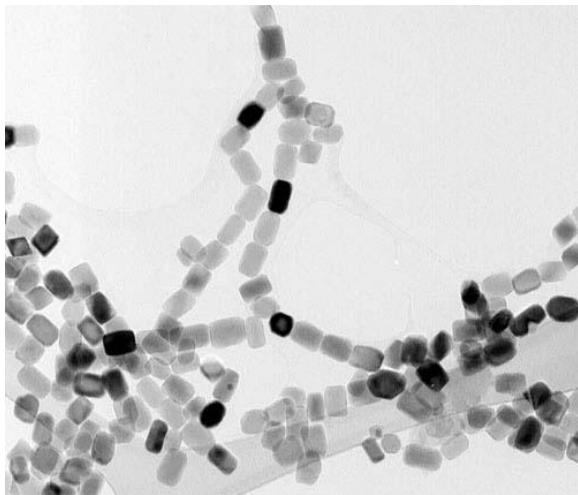
ΑΒΙΟΤΙΚΟΣ (ABIOTIC)
ή ΑΝΟΡΓΑΝΟΣ (INORGANIC)

ΜΑΓΝΗΤΙΤΗΣ



ΒΙΟΤΙΚΟΣ (ΒΙΟΤΙΚ) ΜΑΓΝΗΤΙΤΗΣ
(ΒΙΟ-ΜΑΓΝΗΤΙΤΗΣ)
 ΜΕ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ
30-120 nm (ΝΑΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ)

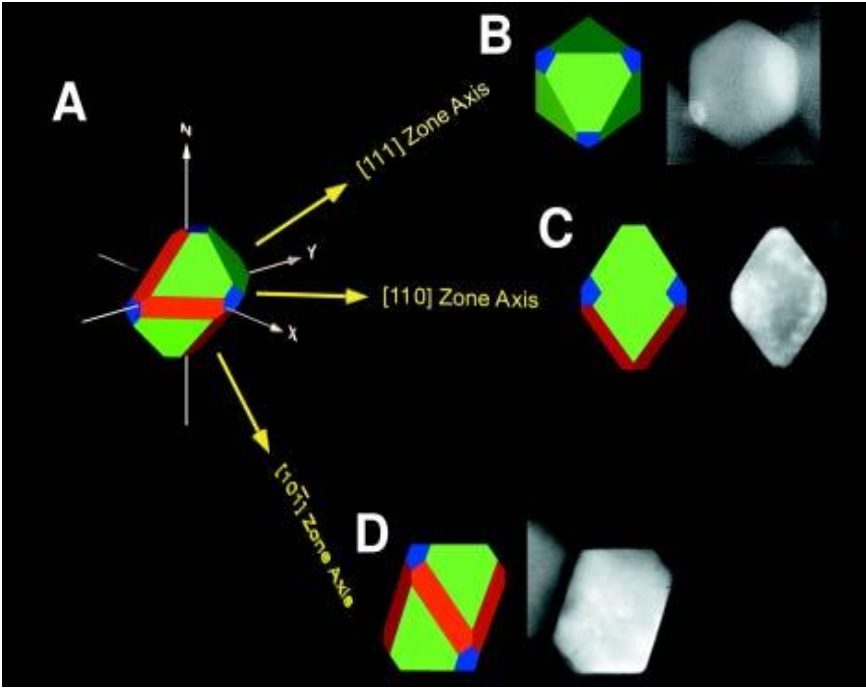
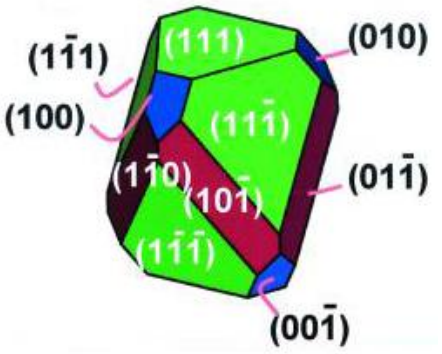
ΜΑΓΝΗΤΟΤΑΚΤΙΚΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ



Μαγνητοσώματα

στα κύτταρα του στελέχους **MV-1**

**ΚΟΛΟΥΡΟ
 ΕΞΑΟΚΤΑΕΔΡΟ
 (TRUNCATED
 HEXAOCTAHEDRON)**

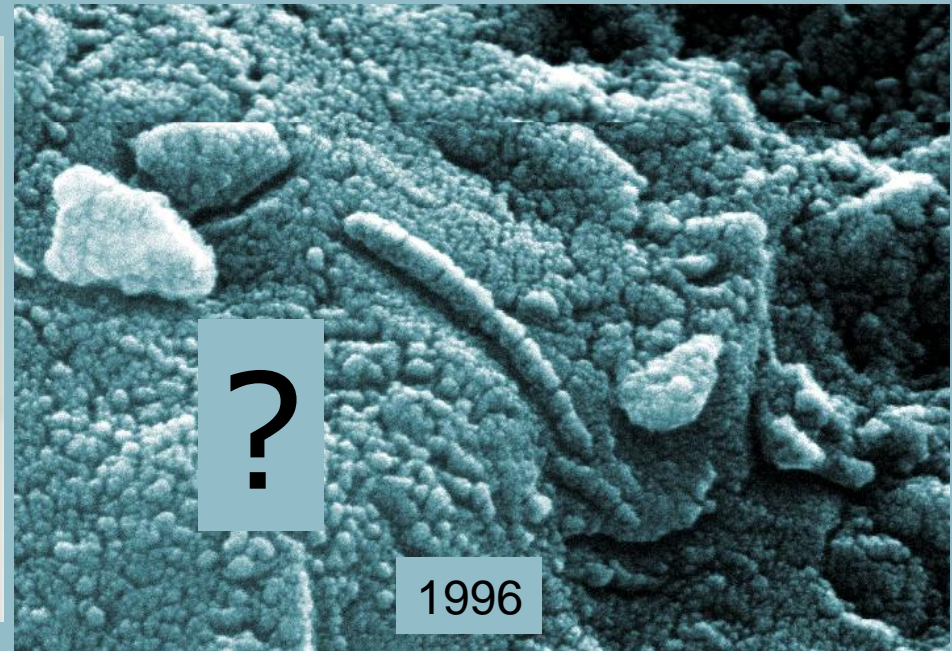
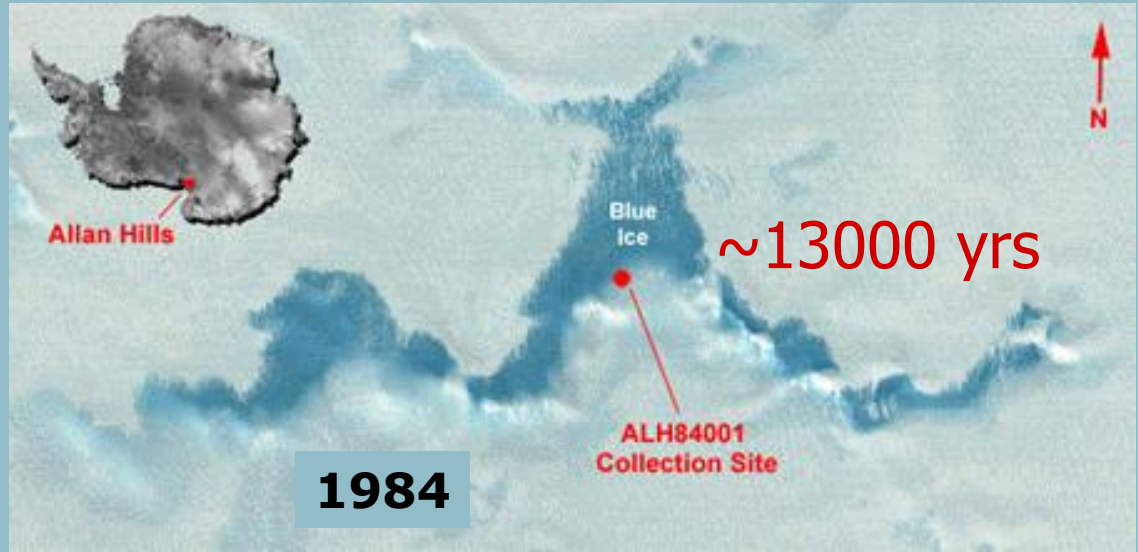




Ο ΜΕΤΕΩΡΙΤΗΣ ALH84001

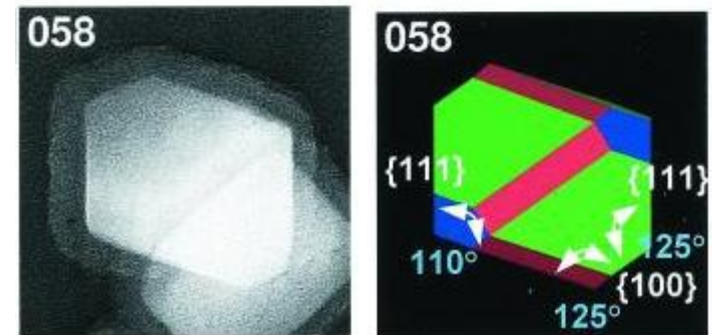
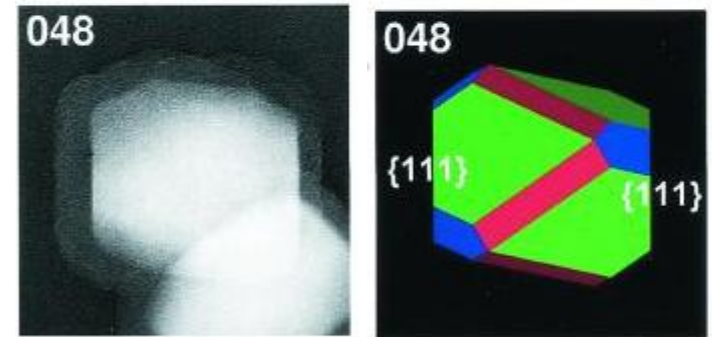
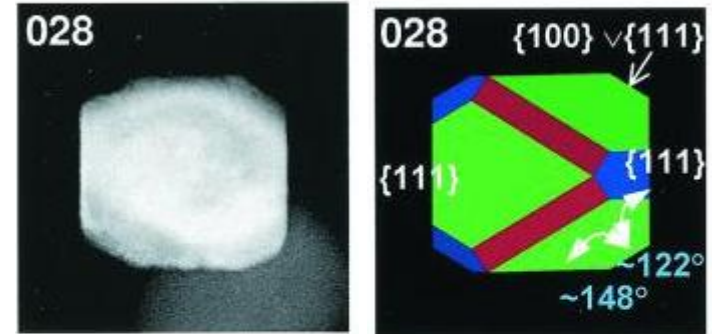
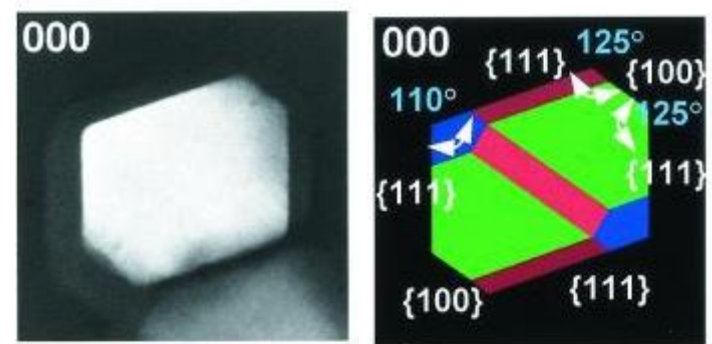
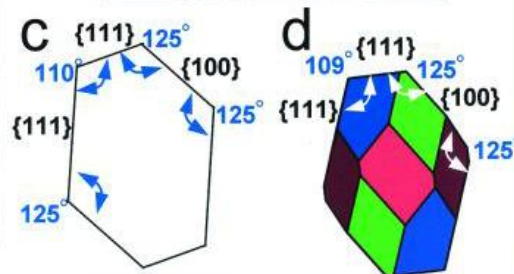
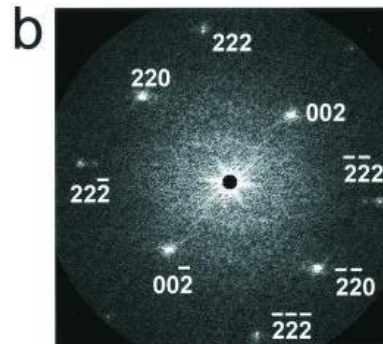
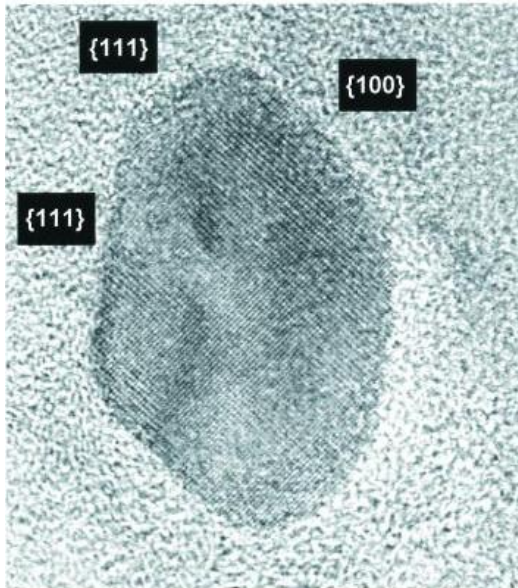
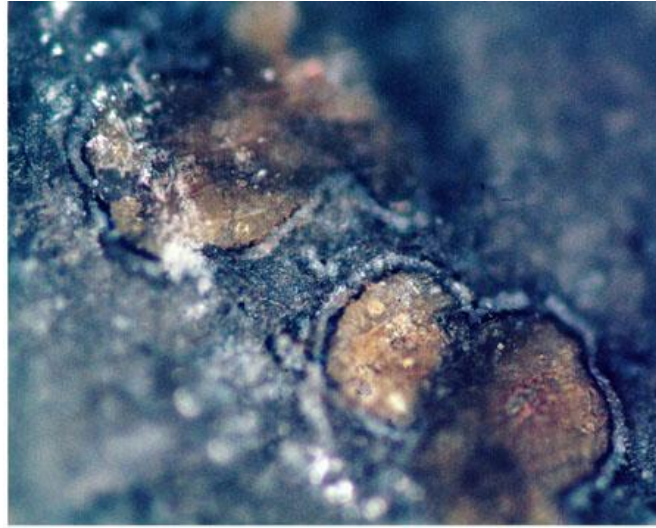
(1.93 Kg)

4.5×10^9 yrs



ΜΕΤΕΩΡΙΤΗΣ ALH84001
**ΘΥΛΑΚΕΣ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ
 ΜΕ ΝΑΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΟΥΣ ΜΑΓΝΗΤΙΤΗ**

Έρευνα:
 2000-2002



$\{110\}_e$

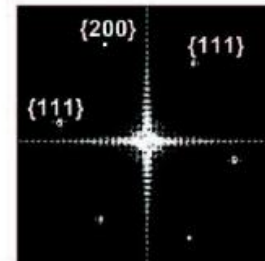
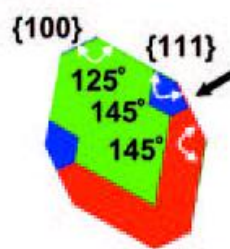
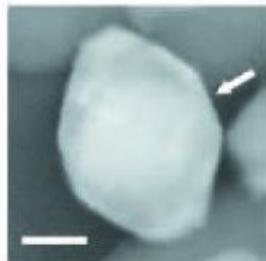
$[111]$ -THO

$[111]$ -ECO

2-D FFT

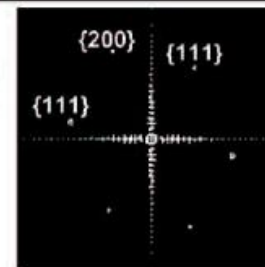
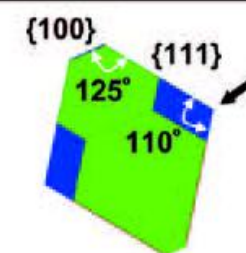
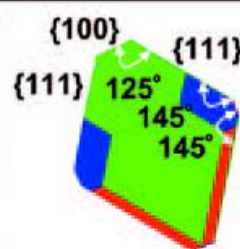
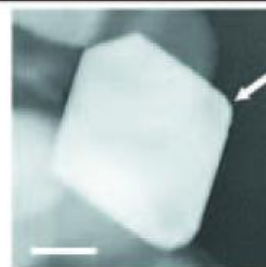
MV-1

Έρευνα: 2004



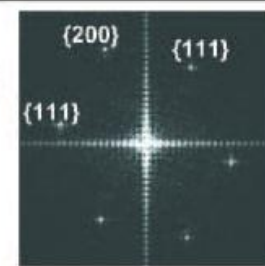
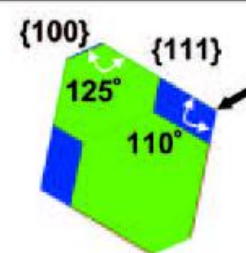
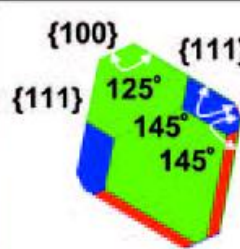
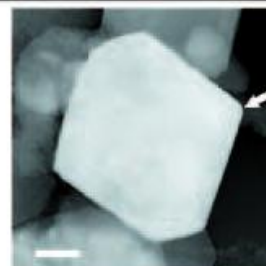
ΑΝΟΡΓΑΝΟΣ
ΜΑΓΝΗΤΙΤΗΣ

Έρευνα: 2004



ALH84001

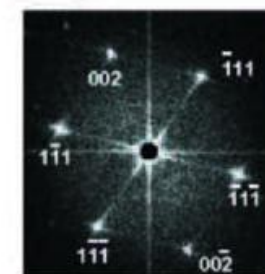
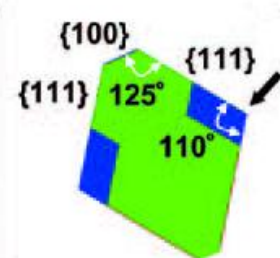
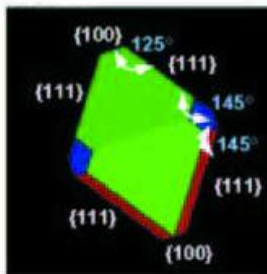
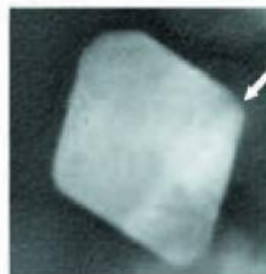
Έρευνα: 2004



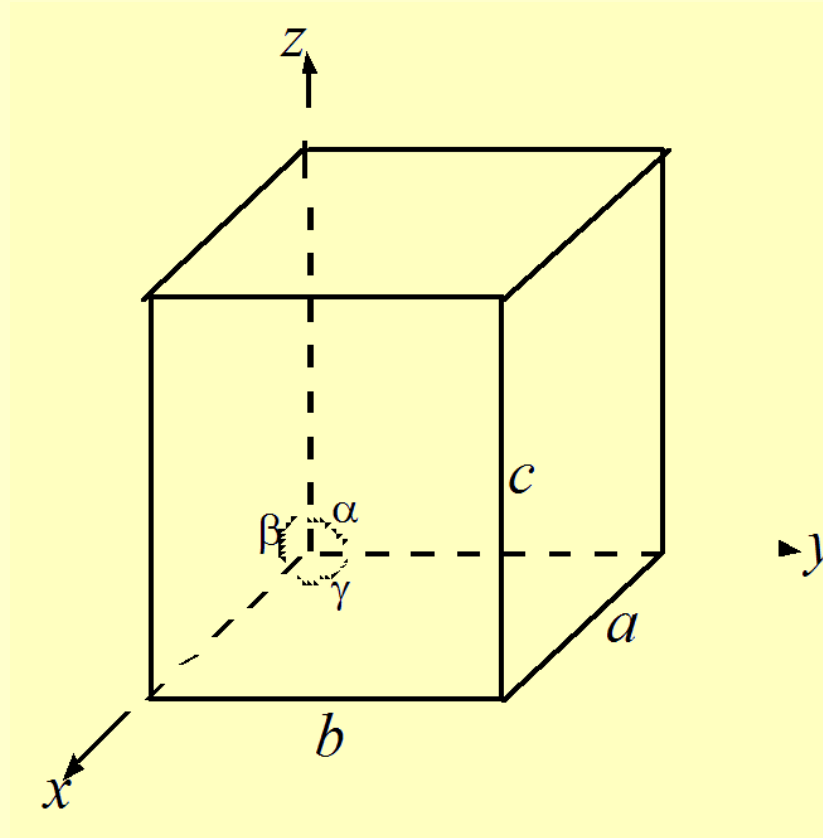
ALH84001

Έρευνα:
2000-2002

Έρευνα: 2004



ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ



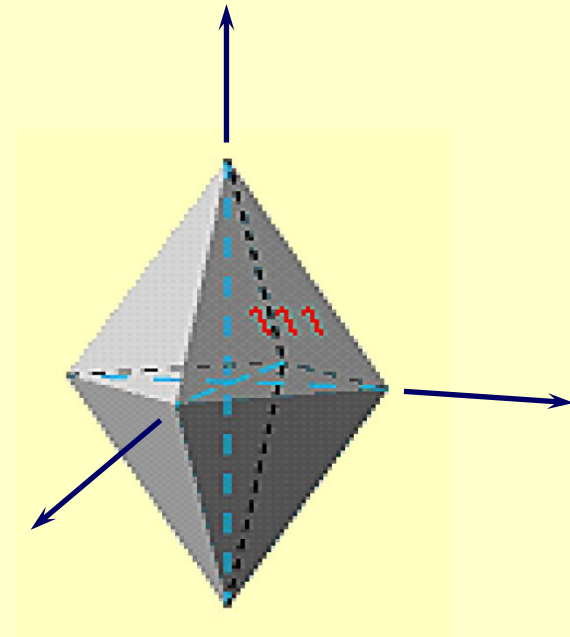
$$a=b \neq c$$

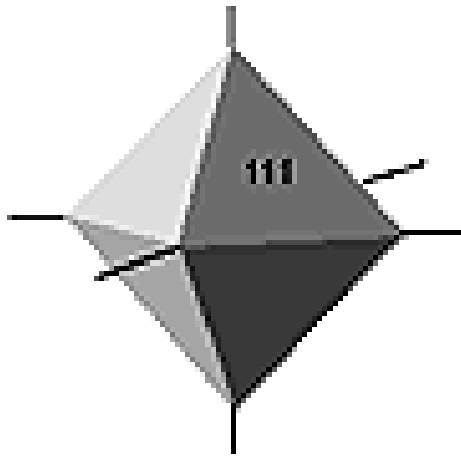
$$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

7 Κρυσταλλικές Τάξεις

$$c = L^4 \quad \text{ή} \quad L^{4/2}$$

$$a = b = L^2$$

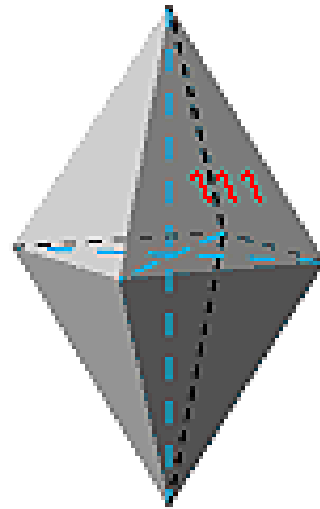




Οκτάεδρο (ΚΥΒΙΚΟ)

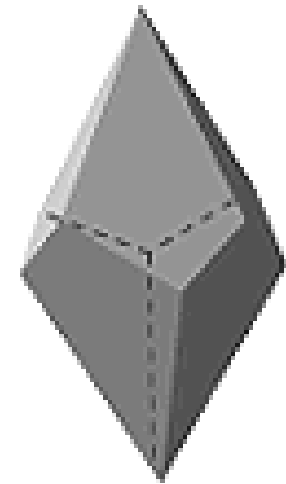
$3L^4$ $4L^3_{σκ.}$ $6L^2$ $3P^4$ $6P^2$ C

$3L^4$ $4L^3$ $6L^2$ $3P^4$ $6P^2$ C



**Τετραγωνική
Αμφιπυραμίδα**

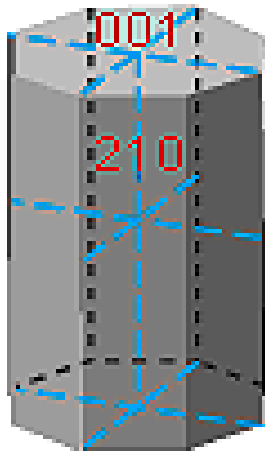
**L^4 $2L^2$ $2L'^2$
 P^4 $2P^2$ $2P'^2$ C**



**Τετραγωνικό
Τραπεζοέδρο**

L^4 $2L^2$ $2L'^2$

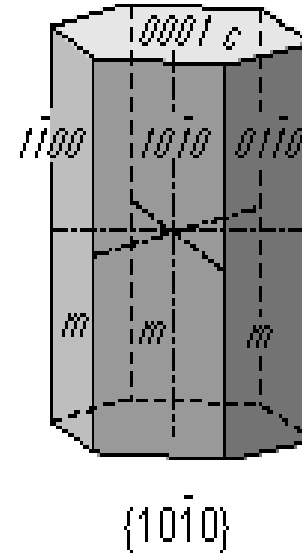
! ΠΡΟΣΟΧΗ !



Διτετραγωνικό Πρίσμα

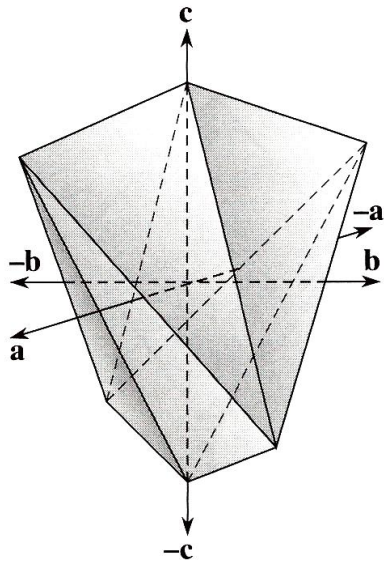
8 ΕΔΡΕΣ περιμετρικά

$$\begin{matrix} L^4 & 2L^2 & 2L'^2 \\ P^4 & 2P^2 & 2P'^2 & C \end{matrix}$$



Εξαγωνικό Πρίσμα

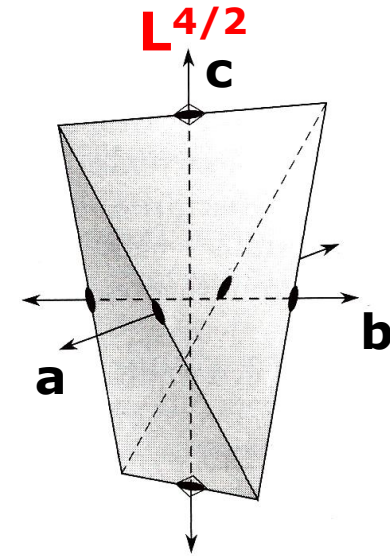
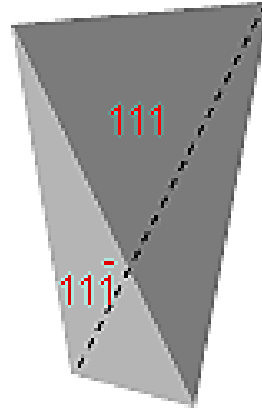
6 ΕΔΡΕΣ περιμετρικά



$$L_{\sigma\kappa.}^{4/2} 2L^2 2P'^2$$

Τετραγωνικό Σκαληνόεδρο

Τετραγωνικό Σφηνόεδρο



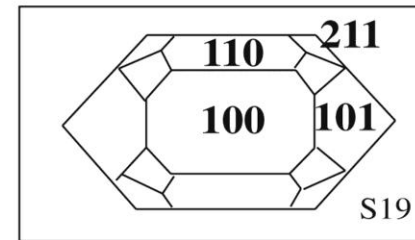
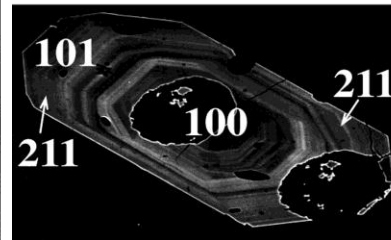
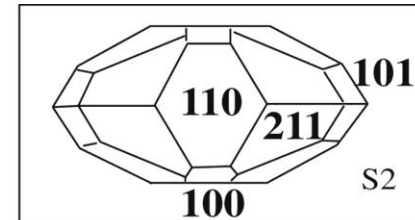
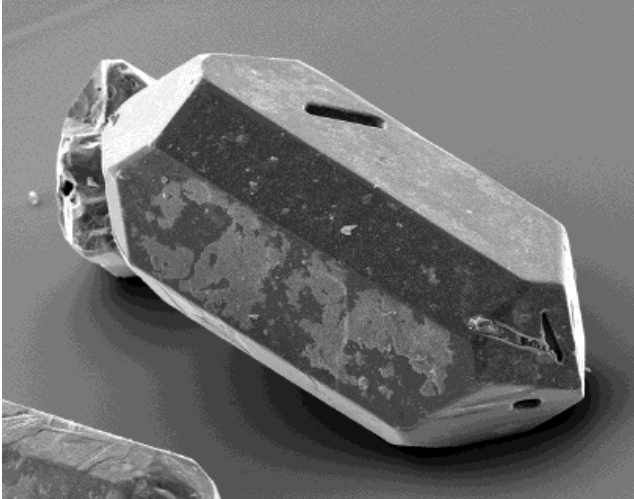
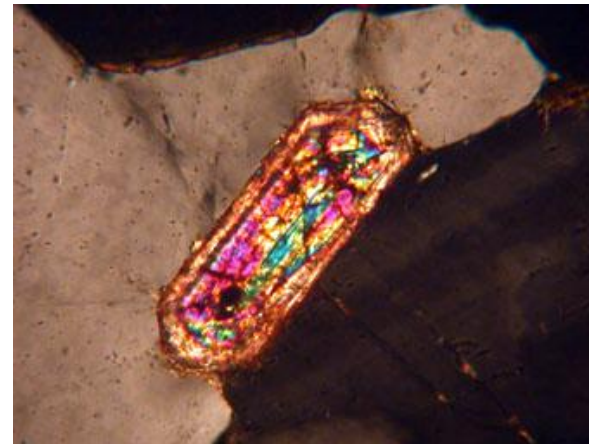
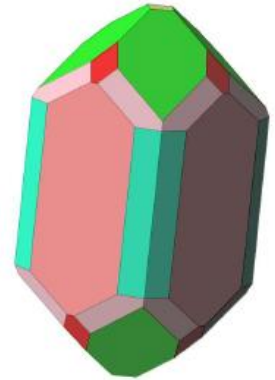
$$L_{\sigma\kappa.}^{4/2}$$

$$L^2$$

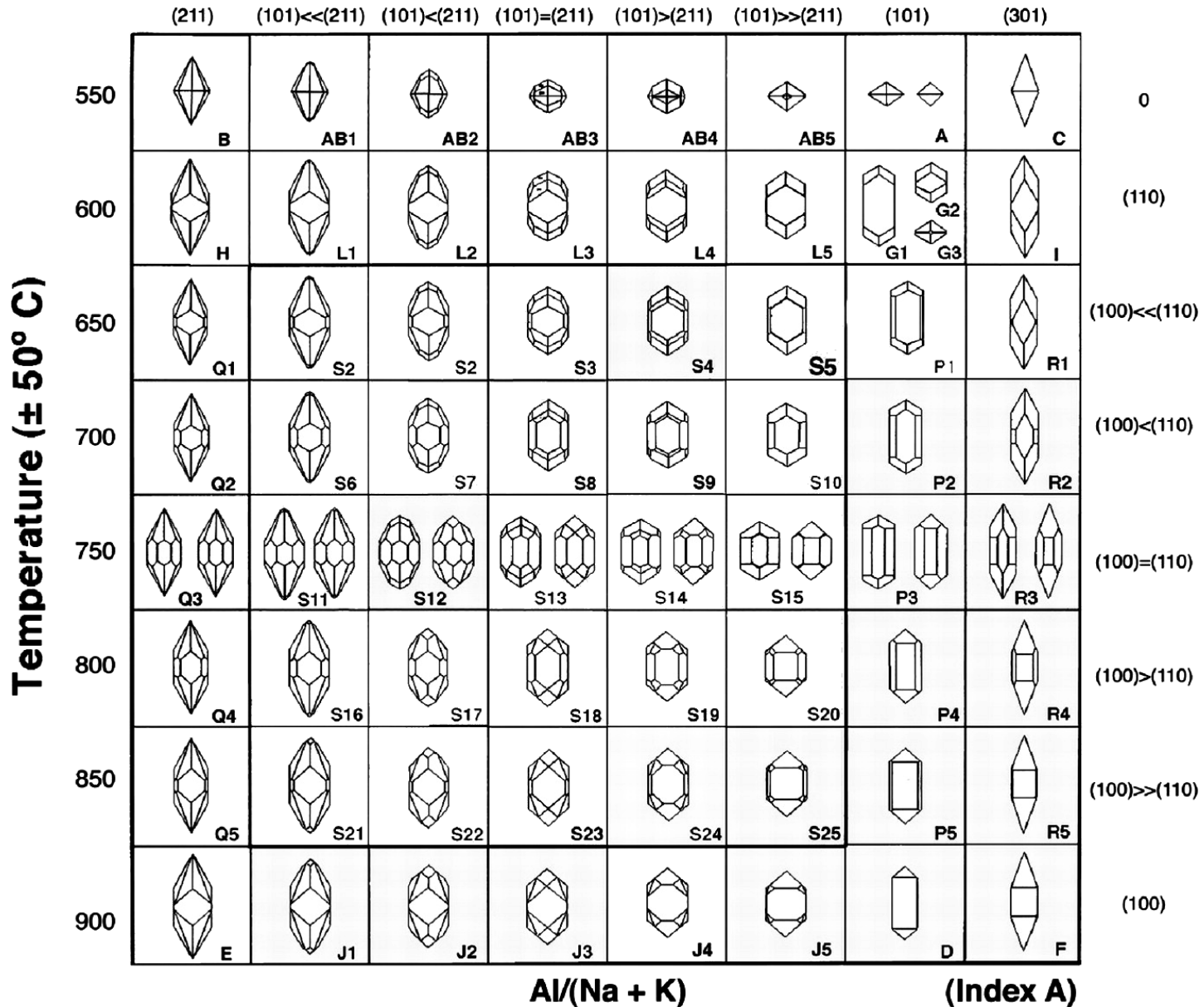
Τετραγωνικό Σφηνόεδρο

ΖΙΡΚΟΝΙΟ ($ZrSiO_4$)

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΝ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΜΗΤΡΙΚΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ



ΠΥΡΑΜΙΔΕΣ



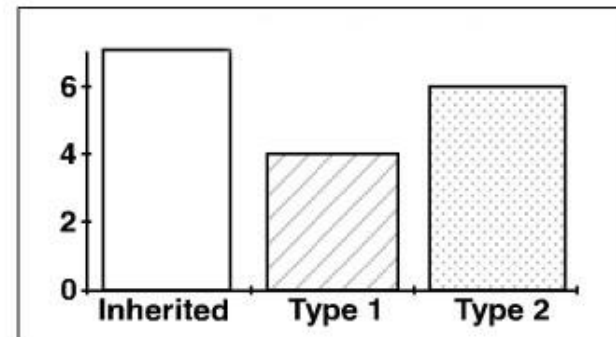
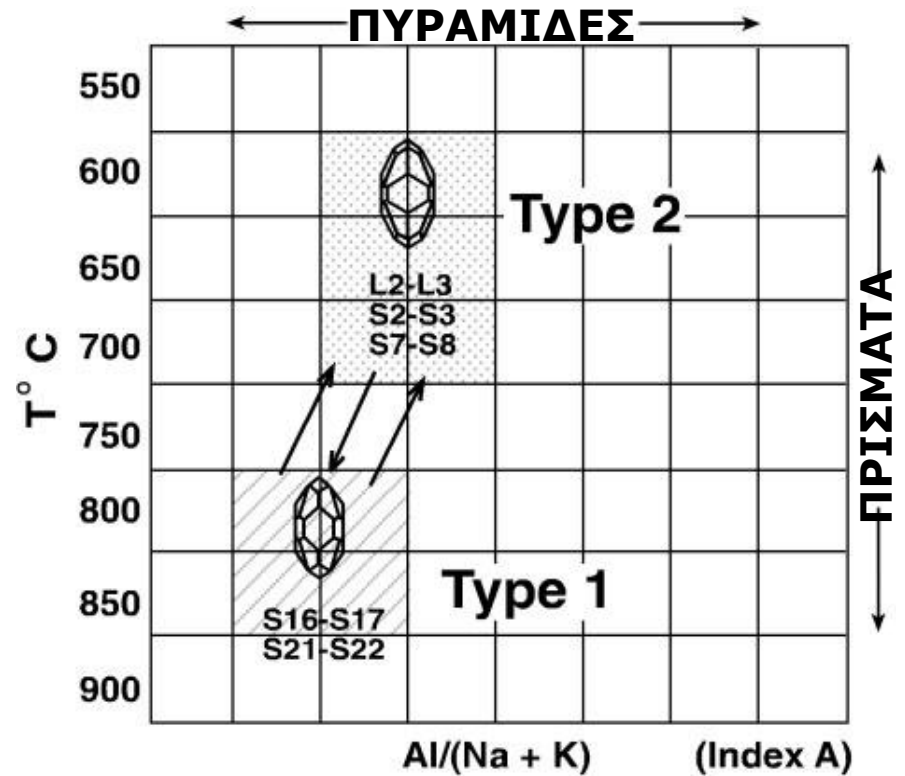
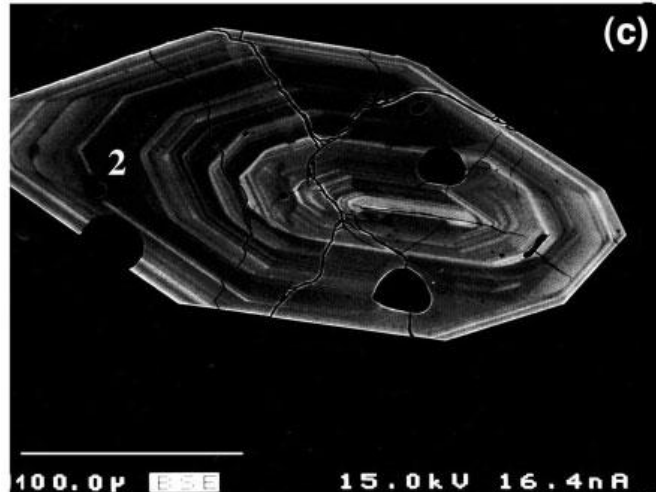
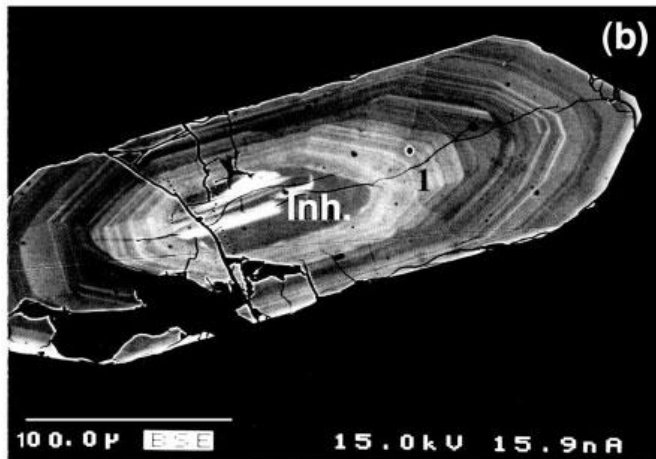
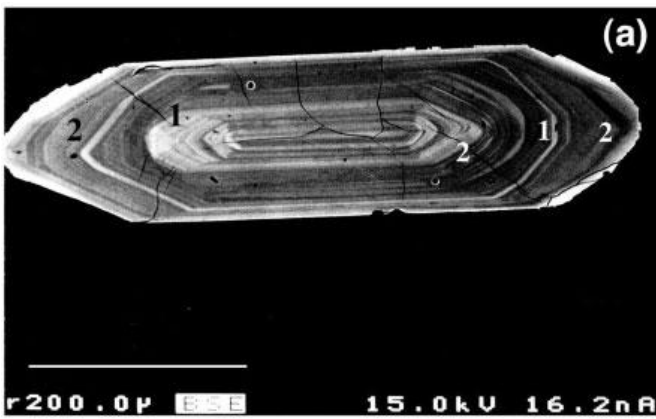
ΠΡΙΣΜΑΤΑ

ΜΟΡΦΟΔΡΟΜΙΟ (Morphodrom)

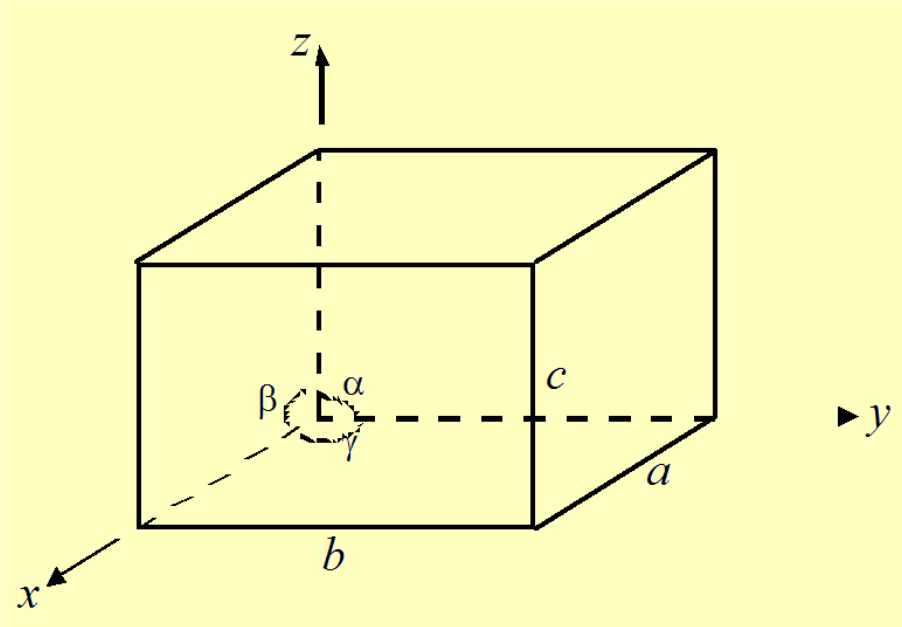
Διάγραμμα στο οποίο απεικονίζονται οι μεταβολές της μορφολογίας ενός κρυστάλλου, δηλ. του Σχήματός του (Habitus) ή της Περιβολής του (Tracht), σε σχέση με τις φυσικοχημικές συνθήκες κρυστάλλωσης (θερμοκρασία, πίεση, υπερκορεσμό, κ.ά.). Τα ΜΟΡΦΟΔΡΟΜΙΑ προκύπτουν τόσο πειραματικά όσο και με χρήση μεθόδων της **Υπολογιστικής Ορυκτολογίας (Computational Mineralogy)**



ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ ΖΙΡΚΟΝΙΟΥ ΣΕ ΠΛΟΥΤΩΝΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΥΣΤΡΑΛΙΑΣ



ΡΟΜΒΙΚΟ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

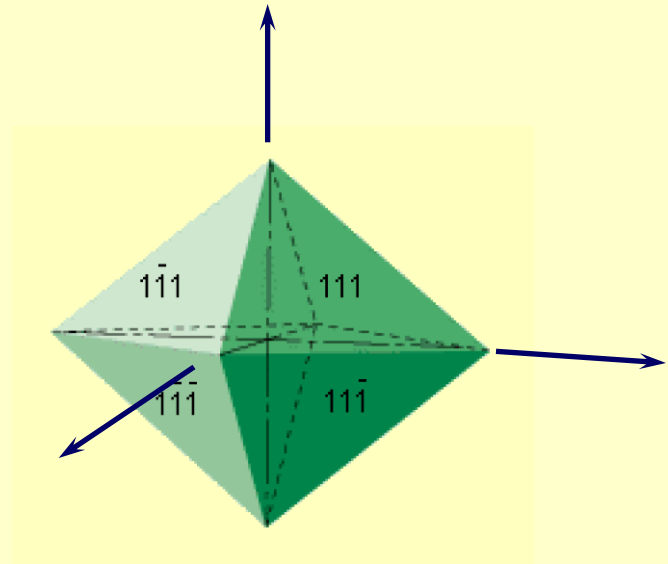


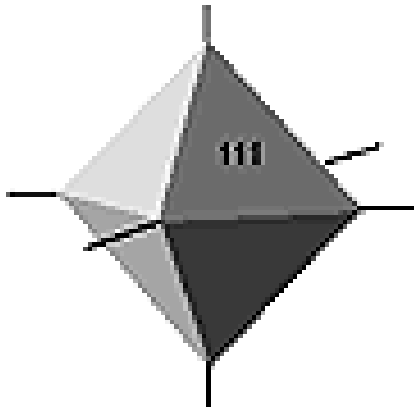
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

3 Κρυσταλλικές Τάξεις

**$a \neq b \neq c$
και ταυτίζονται
με άνιστους L^2**

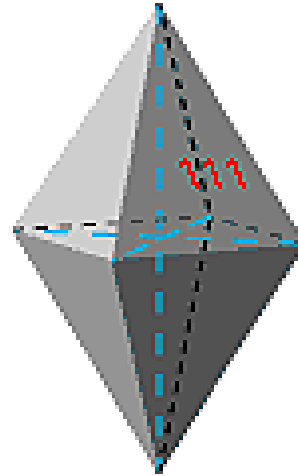




Οκτάεδρο (ΚΥΒΙΚΟ)

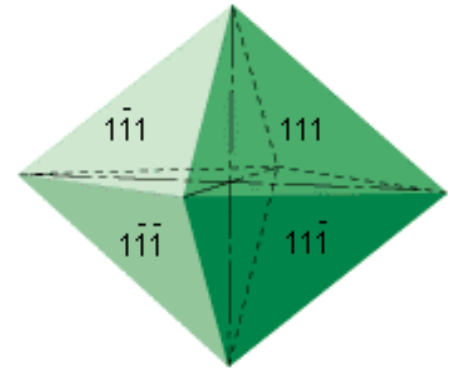
$3L^4$ $4L^3_{σκ.}$ $6L^2$ $3P^4$ $6P^2$ C

$3L^4$ $4L^3$ $6L^2$ $3P^4$ $6P^2$ C



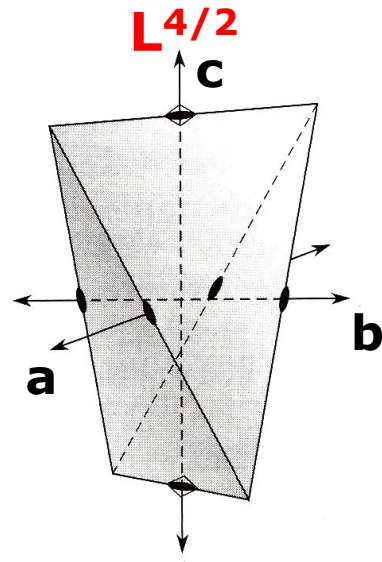
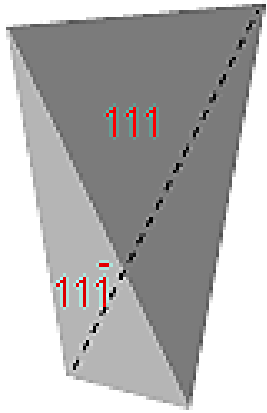
**Τετραγωνική
Αμφιπυραμίδα**

**L^4 $2L^2$ $2L'^2$
 P^4 $2P^2$ $2P''^2$ C**



**Ρομβική
Αμφιπυραμίδα**

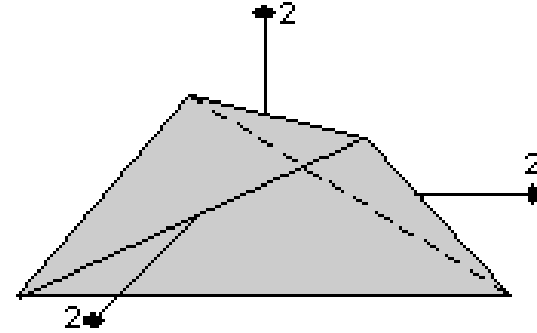
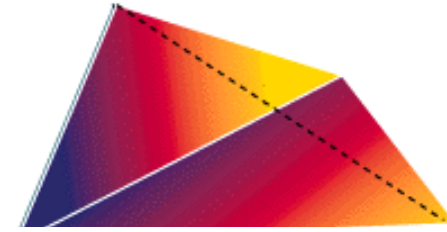
**L^2 L'^2 L''^2
 P^2 P'^2 $2P''^2$**



$L_{\sigma_k} 4/2$

L^2

Τετραγωνικό Σφηνόεδρο

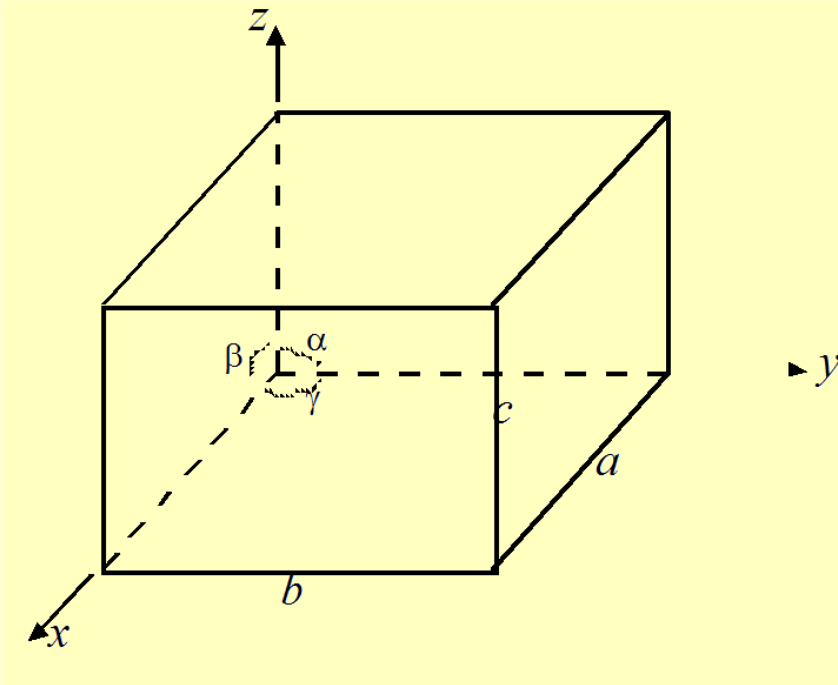


$L^2 L'^2 L''^2$

L^2

Ρομβικό Σφηνόεδρο

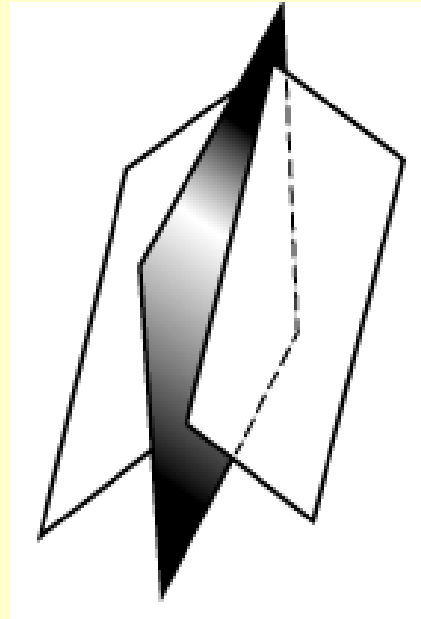
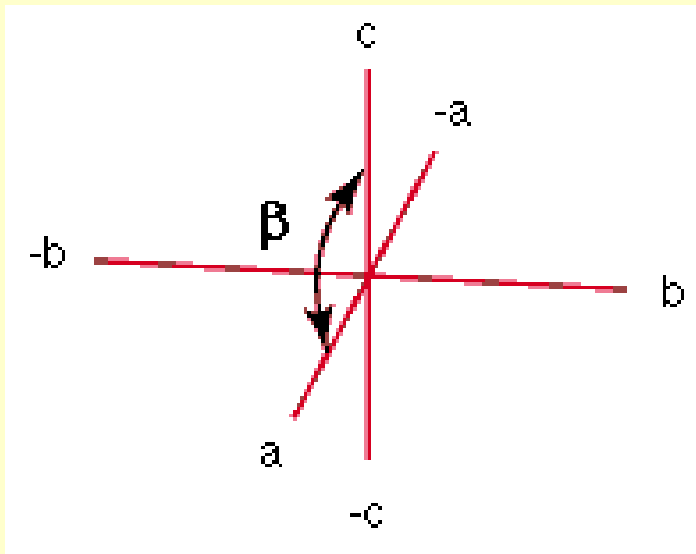
ΜΟΝΟΚΛΙΝΕΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ



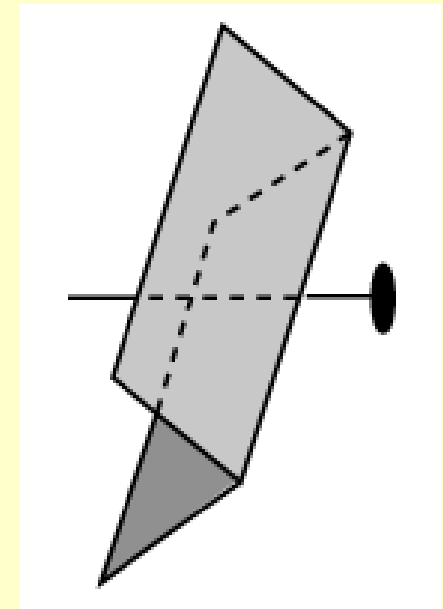
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta > 90^\circ$$

3 Κρυσταλλικές Τάξεις

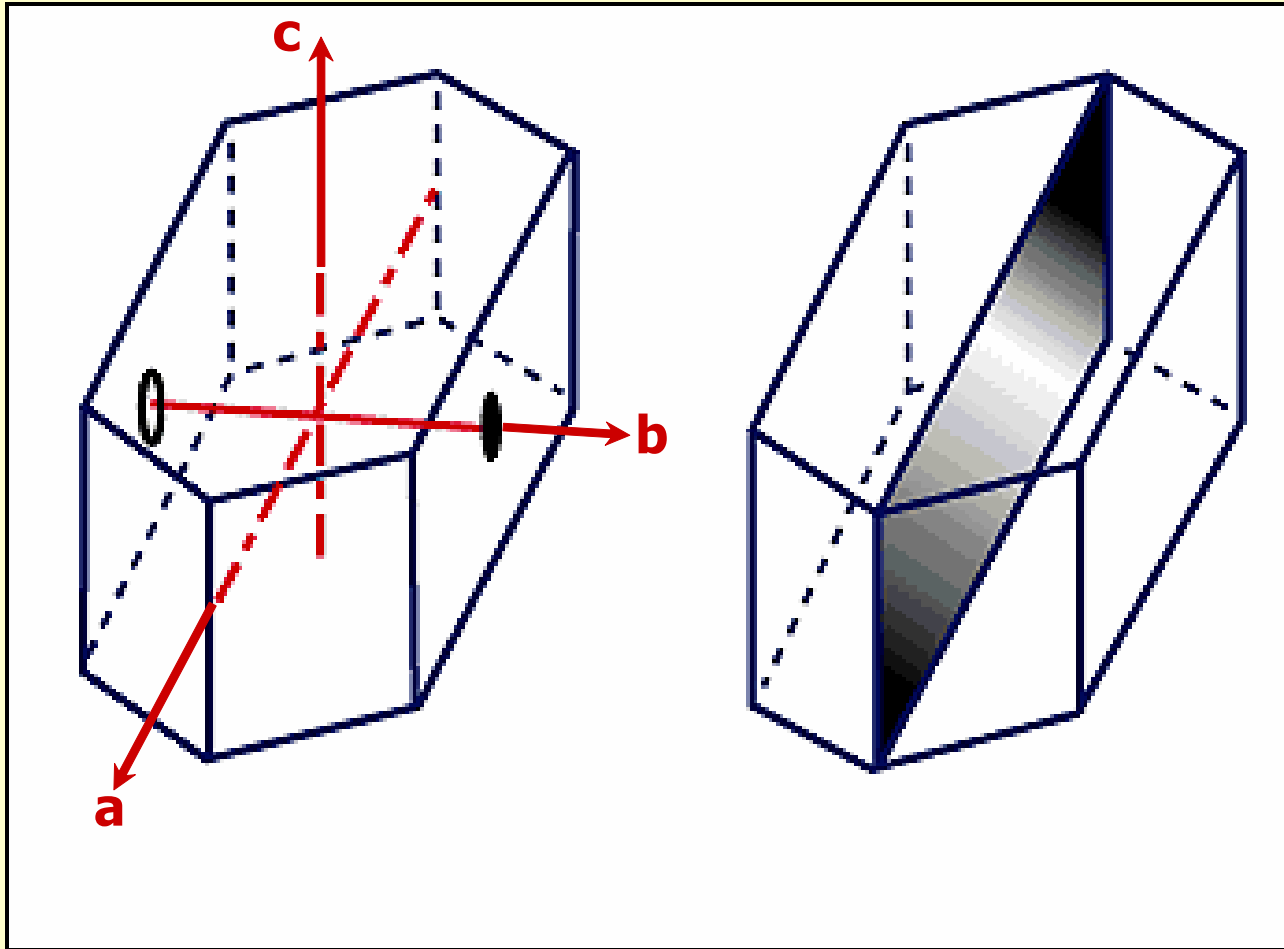


$P2$

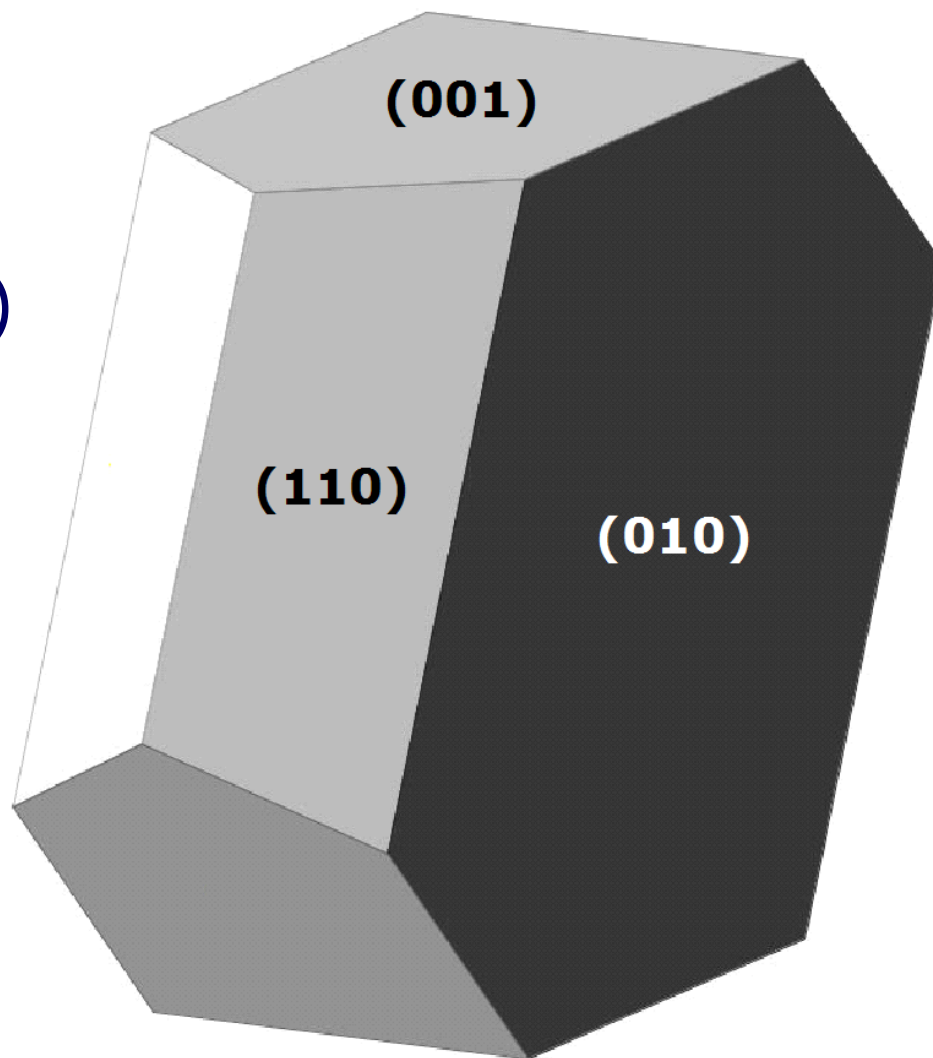


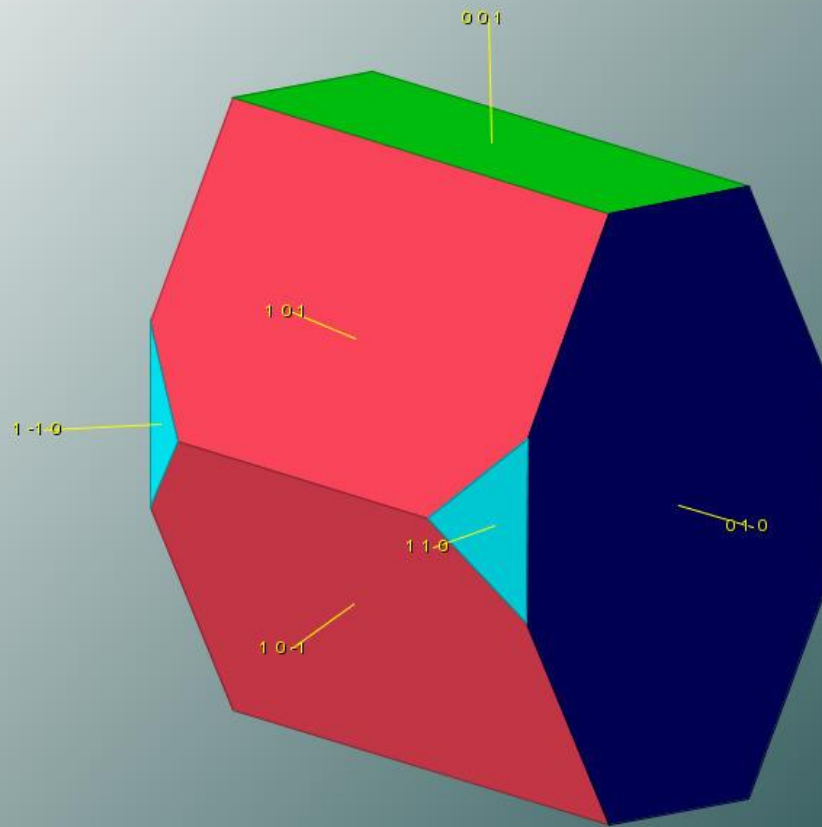
$L^2 = b$

ΟΛΟΕΔΡΙΑ: L^2 P^2 C



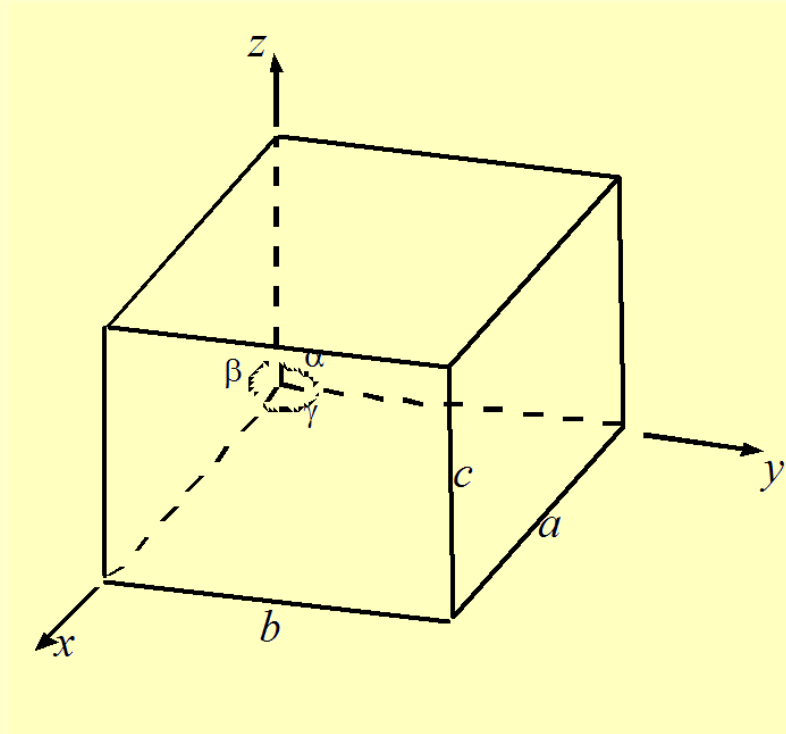
ΑΣΤΡΙΟΣ
(Ορθόκλαστο)





ΖΕΟΛΙΘΟΣ
(Χιουλανδίτης)

ΤΡΙΚΛΙΝΕΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ



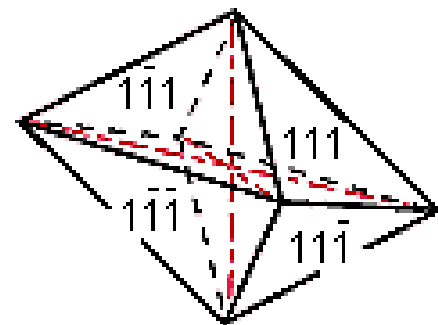
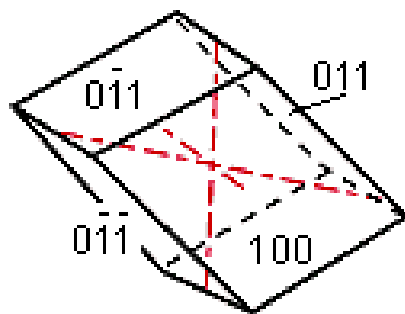
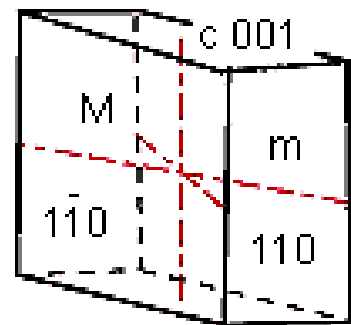
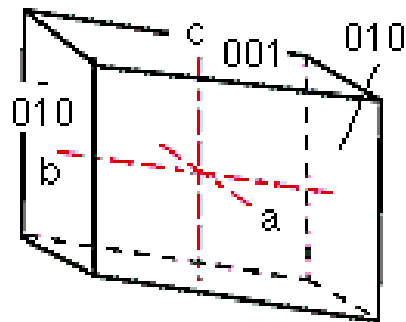
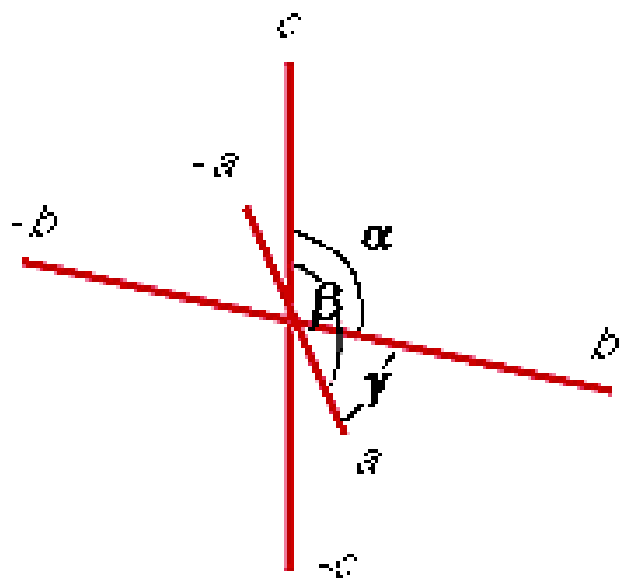
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

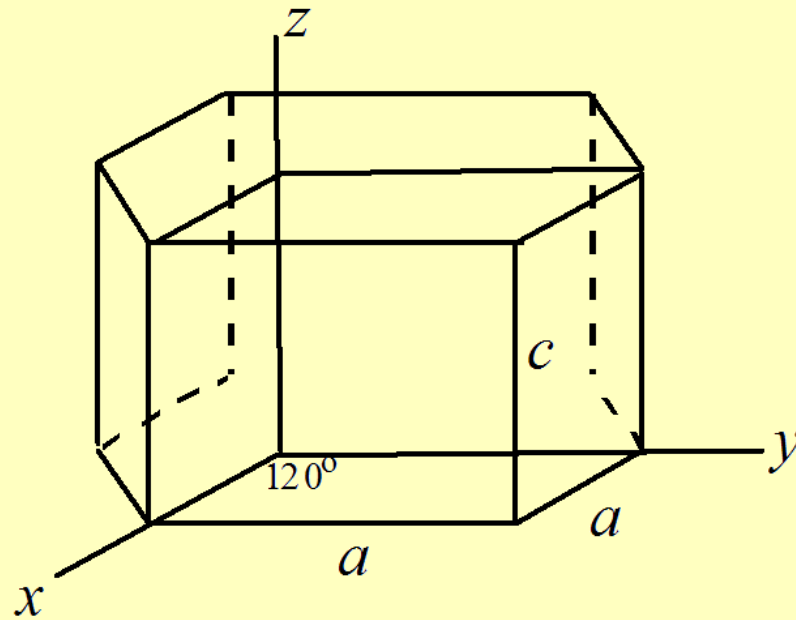
2 Κρυσταλλικές Τάξεις

ΜΟΝΟ **C** ΣΤΗΝ ΟΛΟΕΔΡΙΑ

ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΑΞΟΝΕΣ
ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ



ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ & ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ



$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ : 7 Κρυσταλλικές Τάξεις

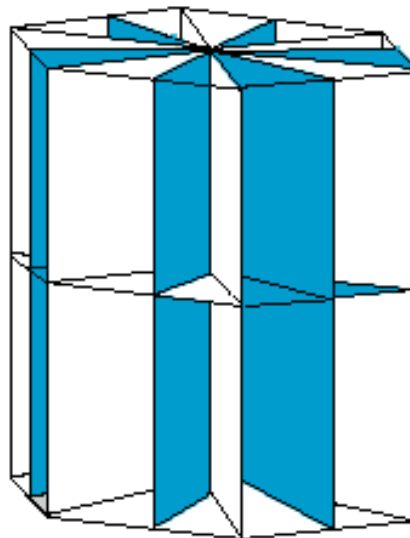
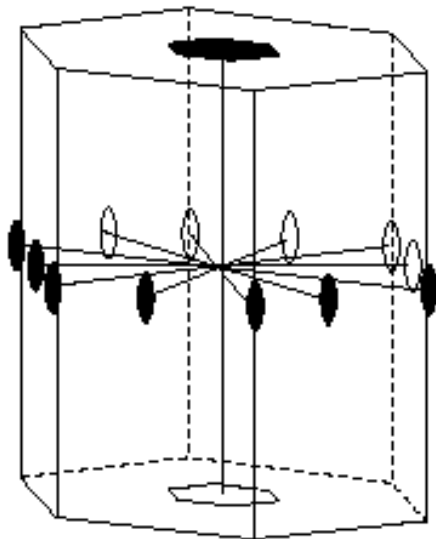
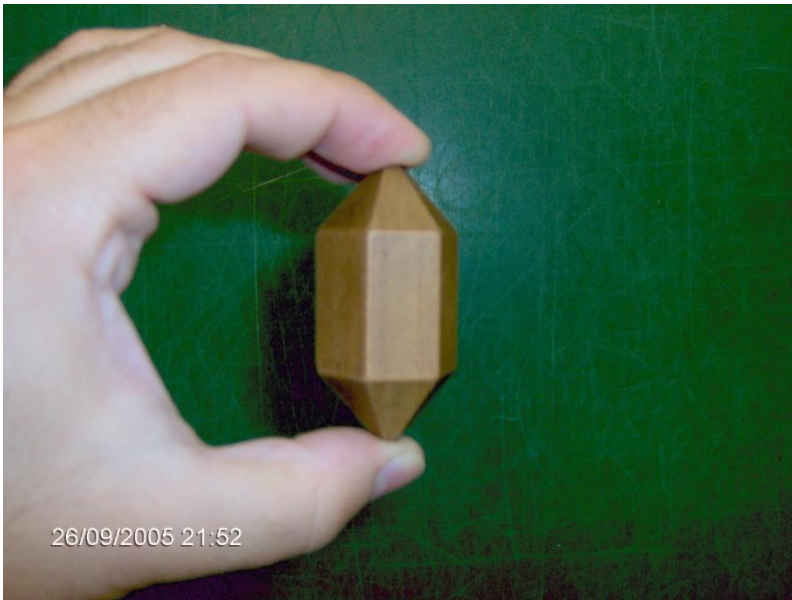
3 ΙΣΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΑΞΟΝΕΣ
ΣΤΟ ΙΔΙΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ
(ΙΣΕΣ ΓΩΝΙΕΣ 120°) = $3L^2$ ή $3L'^2$

Ο ΤΕΤΑΡΤΟΣ (ΑΝΙΣΟΣ) = L^6

ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ : 5 Κρυσταλλικές Τάξεις

3 ΙΣΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΑΞΟΝΕΣ
ΣΤΟ ΙΔΙΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ
(ΙΣΕΣ ΓΩΝΙΕΣ 120°) = $3L^2$

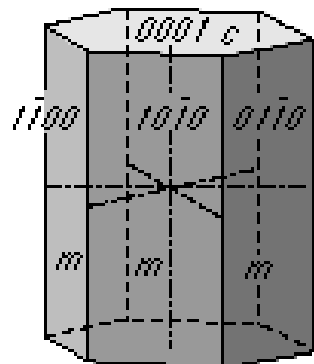
Ο ΤΕΤΑΡΤΟΣ (ΑΝΙΣΟΣ) = L^3



$L^6 \ 3L^2 \ 3L'^2$

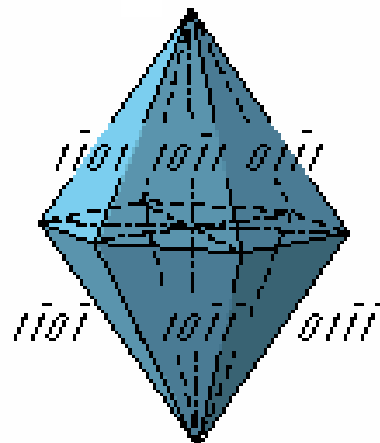
$P^6 \ 3P^2 \ 3P'^2$

C



$\{10\bar{1}0\}$

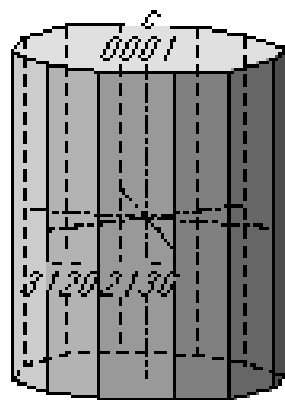
Εξαγωνικό Πρίσμα



$\{10\bar{1}1\}$

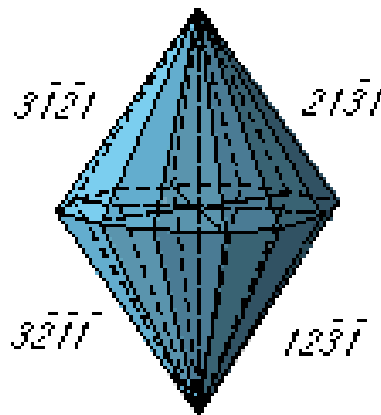
Εξαγωνική Αμφιπυραμίδα

$L^6 3L^2 3L'^2$



$\{21\bar{3}0\}$

Διεξαγωνικό Πρίσμα



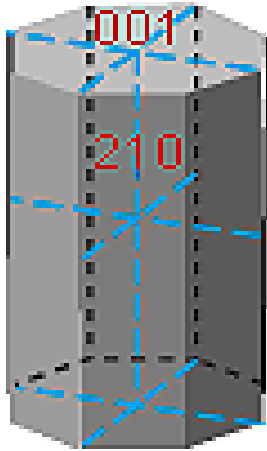
$\{21\bar{3}1\}$

Διεξαγωνική Αμφιπυραμίδα

$P^6 3P^2 3P'^2$

C

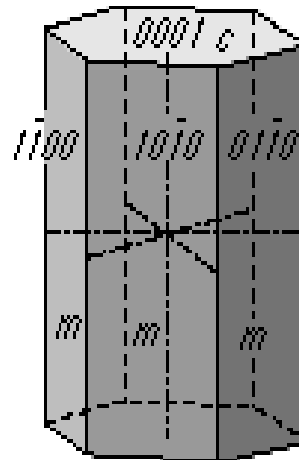
! ΠΡΟΣΟΧΗ !



Διτετραγωνικό Πρίσμα

8 ΕΔΡΕΣ

**L^4 $2L^2$ $2L'^2$
 P^4 $2P^2$ $2P'^2$ C**

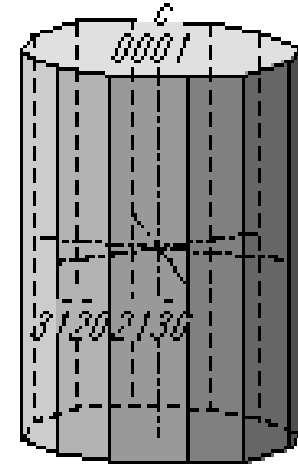


Εξαγωνικό Πρίσμα

$\{10\bar{1}0\}$

6 ΕΔΡΕΣ

**L^6 $3L^2$ $3L'^2$
 P^6 $3P^2$ $3P'^2$ C**

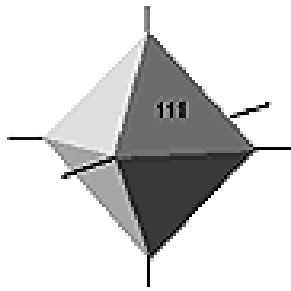


Διεξαγωνικό Πρίσμα

$\{21\bar{3}0\}$

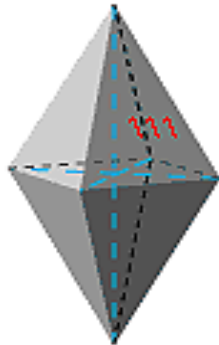
12 ΕΔΡΕΣ

! ΠΡΟΣΟΧΗ !



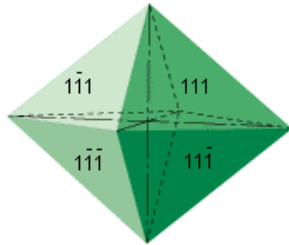
Οκτάεδρο
(ΚΥΒΙΚΟ)

$3L^4$ $4L^3_{σκ.}$ $6L^2$
 $3P^4$ $6P^2$ C



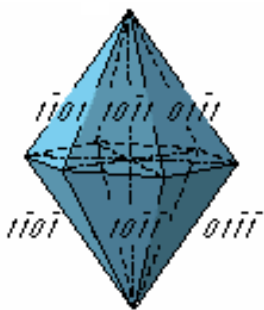
Τετραγωνική
Αμφιπυραμίδα

L^4 $2L^2$ $2L'^2$
 P^4 $2P^2$ $2P''^2$ C

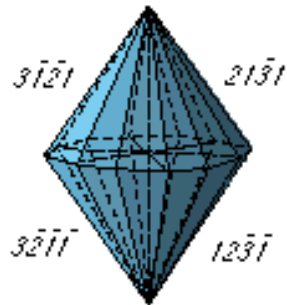


Ρομβική
Αμφιπυραμίδα

L^2 L'^2 L''^2
 P^2 P'^2 $2P''^2$



$\{10\bar{1}1\}$



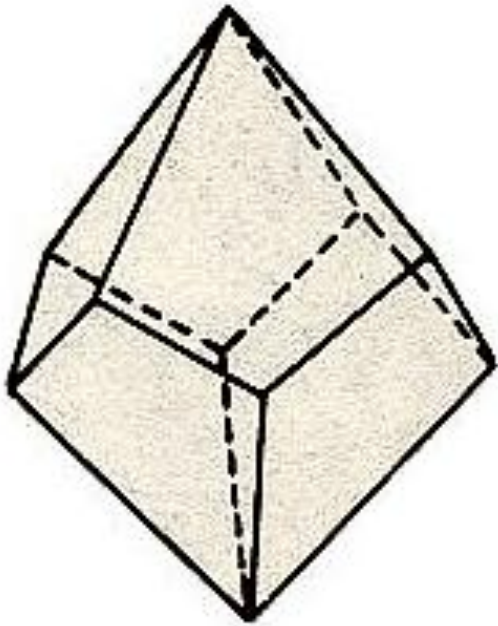
$\{21\bar{3}1\}$

Εξαγωνική
Αμφιπυραμίδα

Διεξαγωνική
Αμφιπυραμίδα

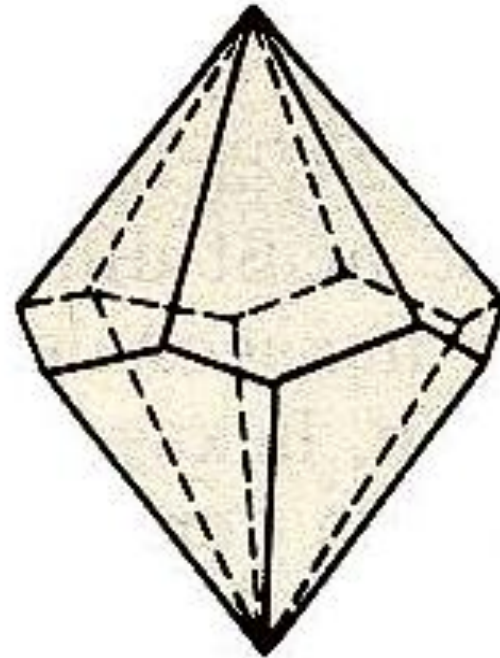
L^6 $3L^2$ $3L'^2$
 P^6 $3P^2$ $3P'^2$ C

! ΠΡΟΣΟΧΗ !



**Τετραγωνικό
Τραπεζόεδρο**

$$L^4 \quad 2L^2 \quad 2L'^2$$



**Εξαγωνικό
Τραπεζόεδρο**

$$L^6 \quad 3L^2 \quad 3L'^2$$

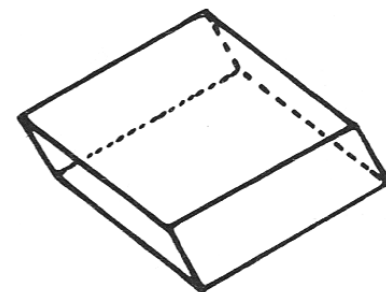
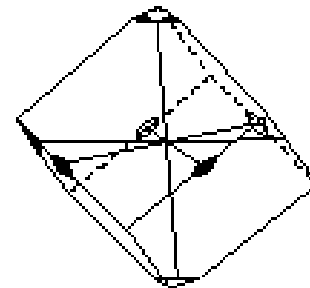
Τριγωνικό σύστημα.

Χαρακτηρίζεται από σύστημα κρυσταλλογραφικών αξόνων ίδιο με αυτό του εξαγωνικού, με μόνη τή διαφορά ότι ο κατακόρυφος άξονας c είναι Λ^3 αντί Λ^6 .

Ρομβοεδρική όλοεδρία. $\Lambda^3 3L^2 3P C \quad \bar{3}m$

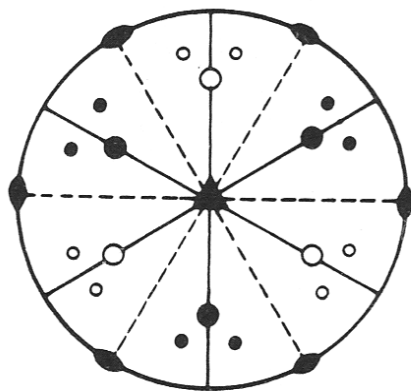
Οι άξονες 2ης τάξεως είναι κάθετοι στον Λ^3 και αντίστοιχα στά 3 επίπεδα συμμετρίας και παίρνονται σαν κρυσταλλογραφικοί άξονες a_1, a_2, a_3 .

Τό σχήμα δείχνει στερεογραφική προβολή των στοιχείων τής τάξεως αυτής επί (0001) καθώς και τις θέσεις των πόλων των έδρων ρομβόεδρου (+) και σκαληνόεδρου. Οί μαύροι κύκλοι αντιστοιχοῦν στους πόλους του πάνω ήμισφαίριου, ενώ οί λευκοί του κάτω.

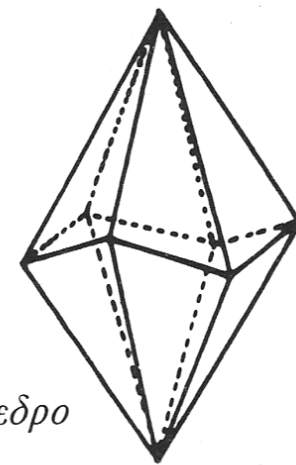


Ρομβόεδρο

Στερεογραφική προβολή
στοιχείων συμμετρίας
ρομβοεδρικής όλοεδρίας
τριγωνικού συστήματος.



— = ρ
●, ○ = Ρομβόεδρο
•, ◦ = Σκαληνόεδρο

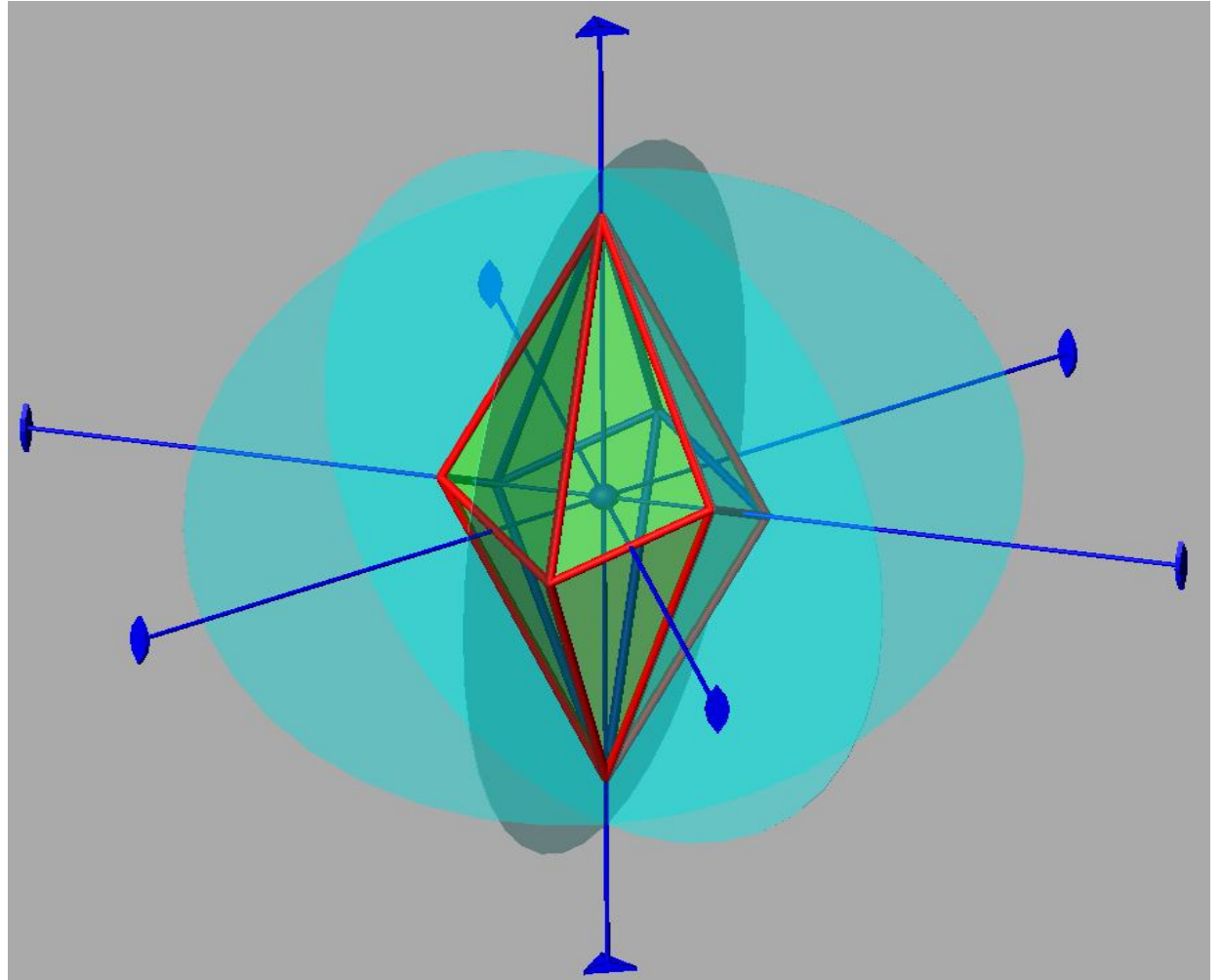
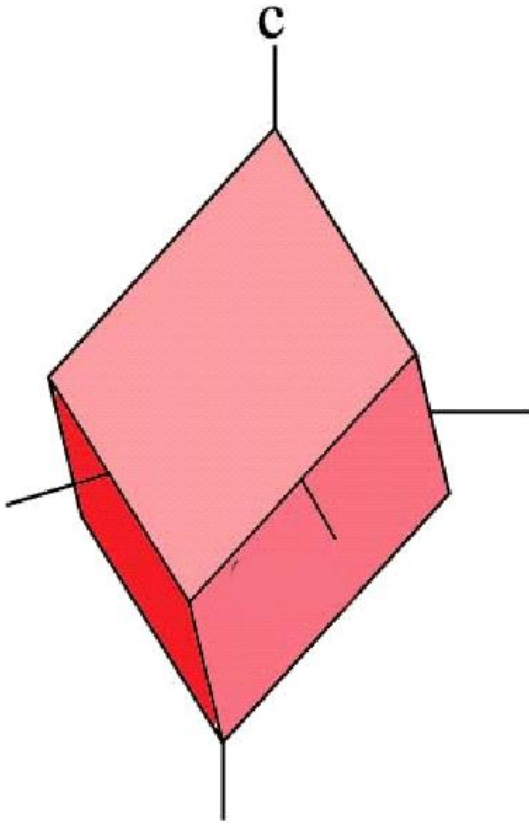


Σκαληνόεδρο

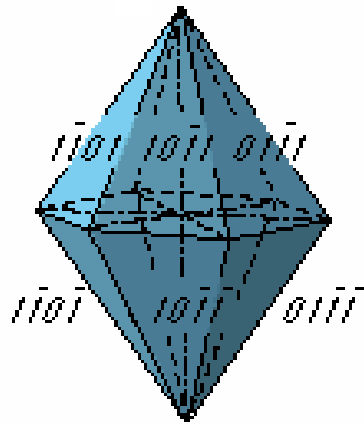
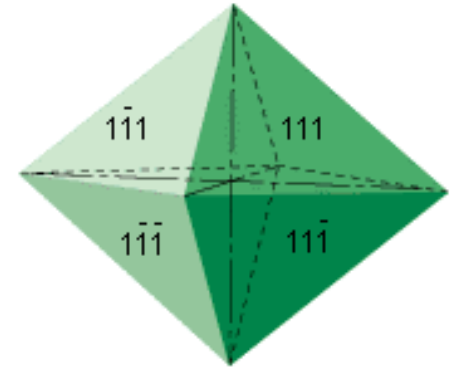
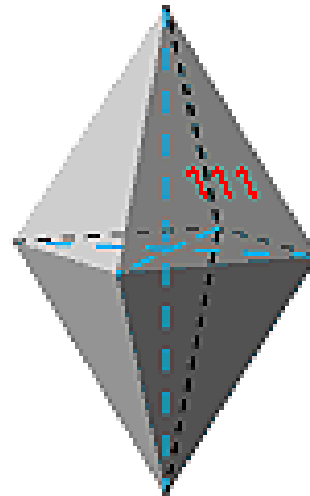
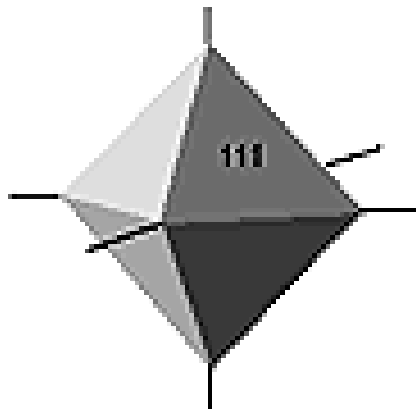
L³

~~**L⁶**~~

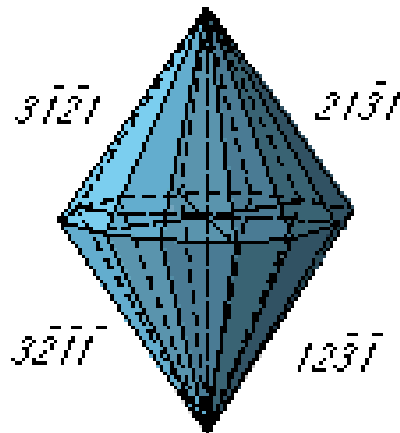
L³ 3L² 3P² C



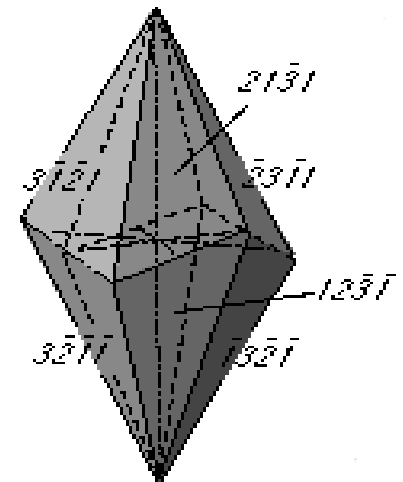
! ΠΡΟΣΟΧΗ !



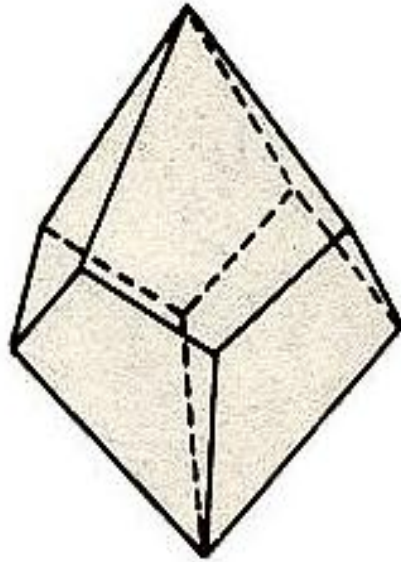
$\{10\bar{1}1\}$



$\{21\bar{3}1\}$

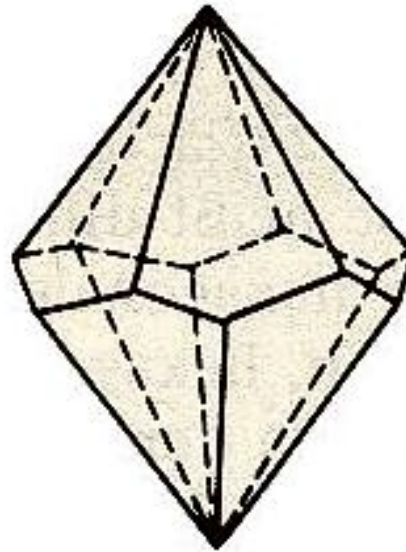


! ΠΡΟΣΟΧΗ !



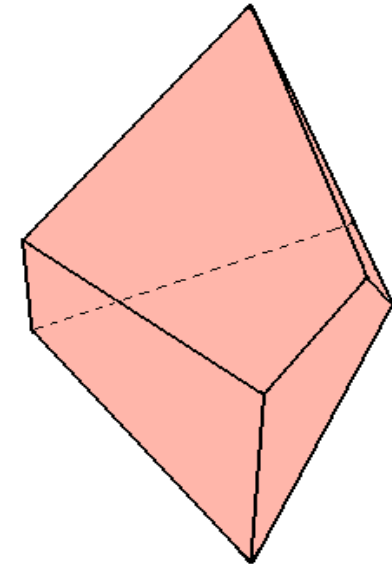
**Τετραγωνικό
Τραπεζόεδρο**

$$\mathbf{L^4} \mathbf{2L^2} \mathbf{2L'^2}$$



**Εξαγωνικό
Τραπεζόεδρο**

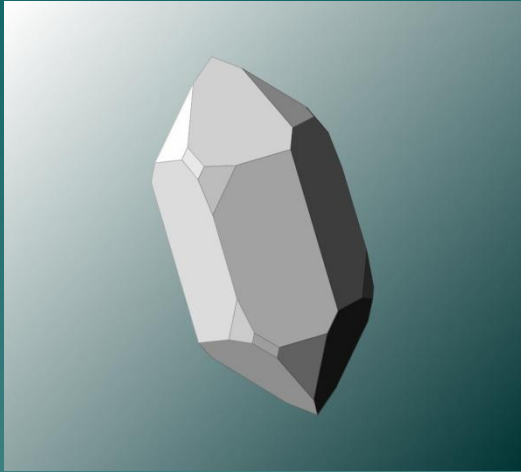
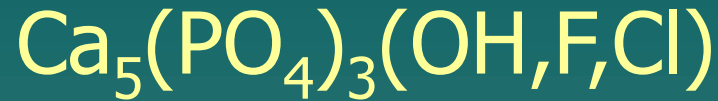
$$\mathbf{L^6} \mathbf{3L^2} \mathbf{3L'^2}$$



**Τριγωνικό
Τραπεζόεδρο**

$$\mathbf{L^3} \mathbf{3L^2} \text{ πολ.}$$

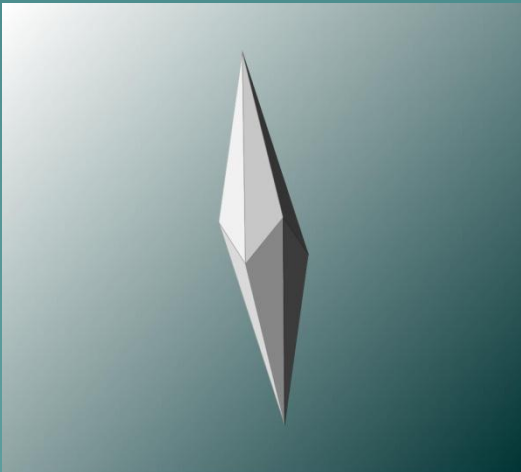
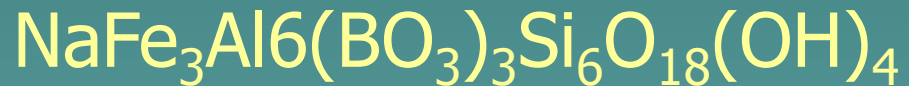
Απατίτης (Apatite) :



Χαλαζίας (Quartz) :



Τουρμαλίνης (Tourmaline) :



Ασβεστίτης (Calcite) :

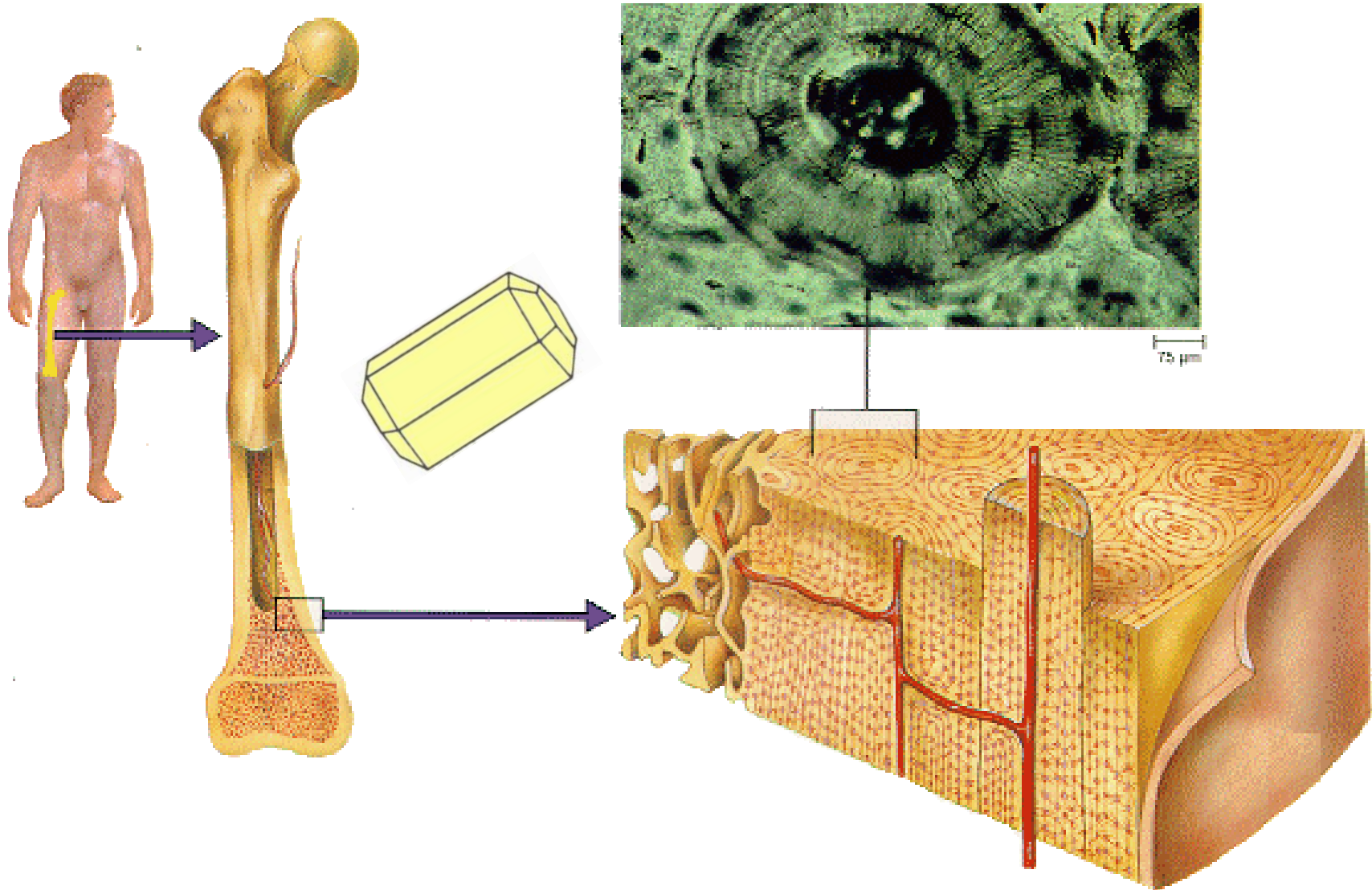




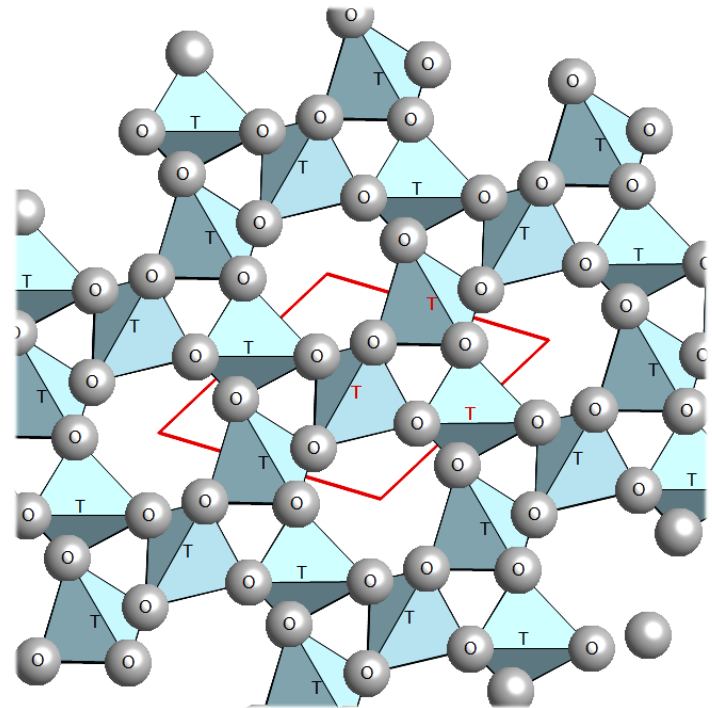
ΑΠΑΤΙΤΗΣ :
 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$



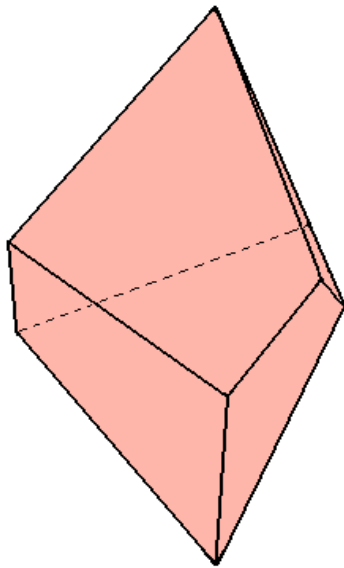
ΒΙΟ-ΑΠΑΤΙΤΗΣ



ΧΑΛΑΖΙΑΣ :



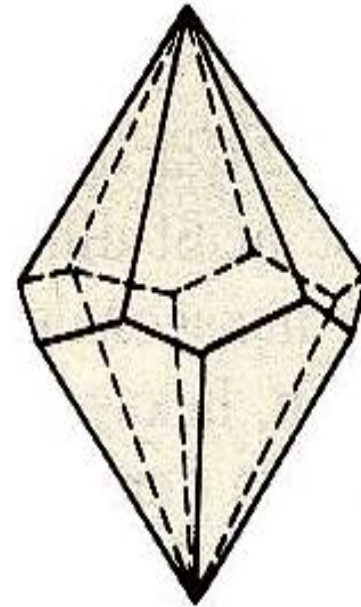
Χαλαζίας χαμηλής T
(low quartz)
α-Χαλαζίας
Κρυσταλλώνεται σε
T < 573 °C



Τριγωνικό
Τραπεζόεδρο

L³ 3L² πολ.

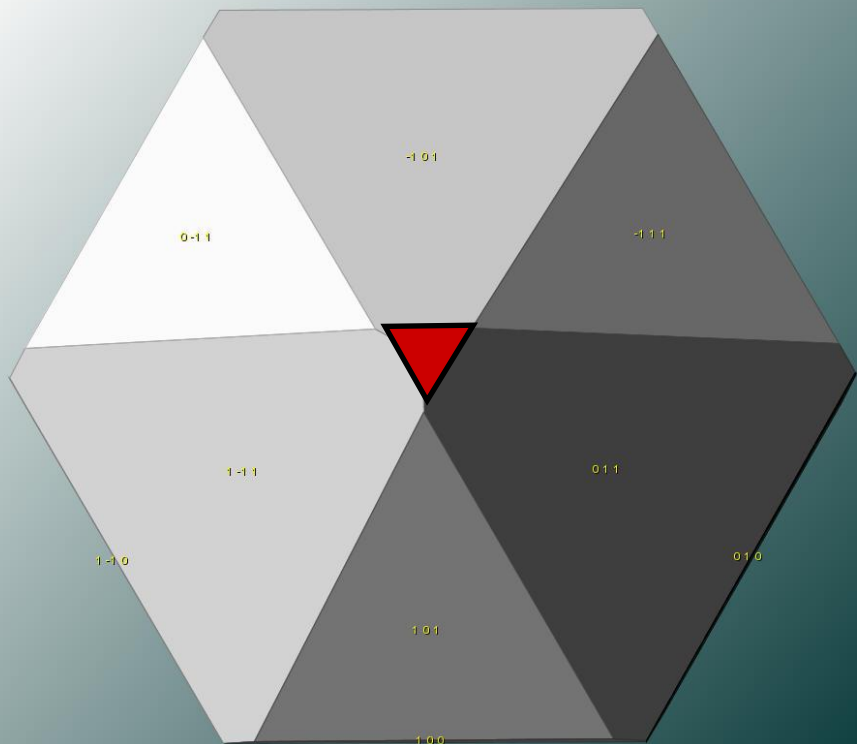
Χαλαζίας υψηλής T
(high quartz)
β-Χαλαζίας
Κρυσταλλώνεται σε
T > 573 °C



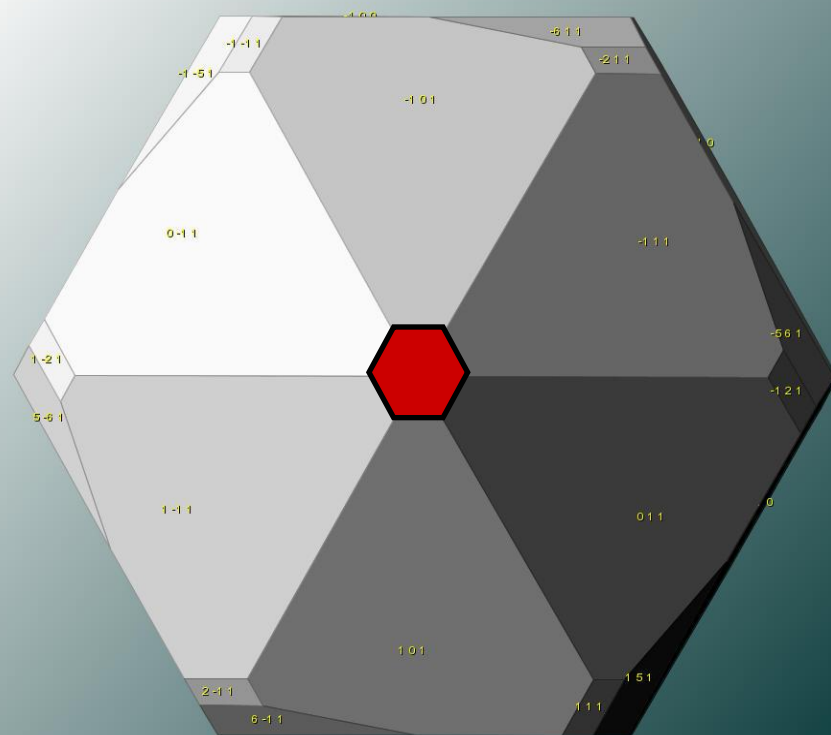
Εξαγωνικό
Τραπεζόεδρο

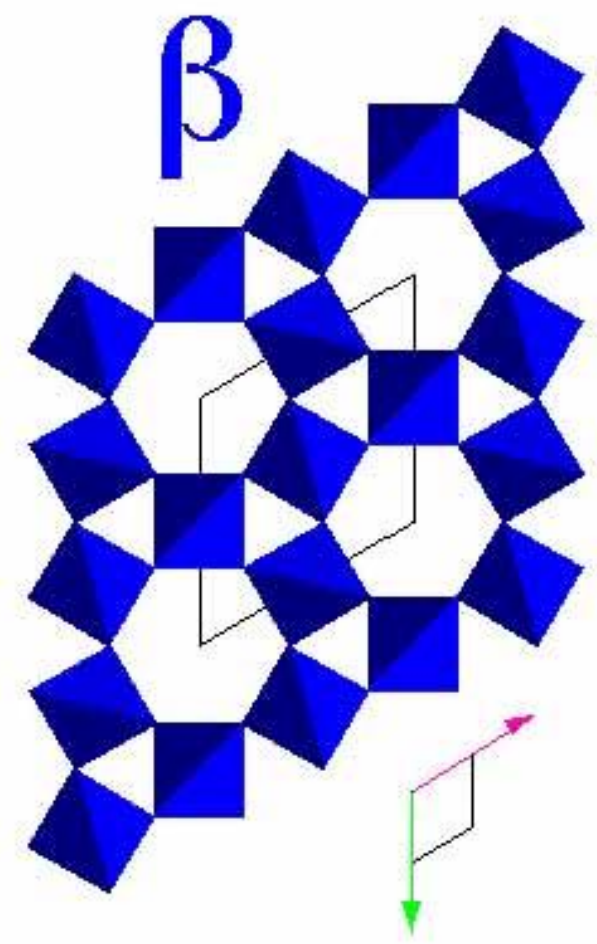
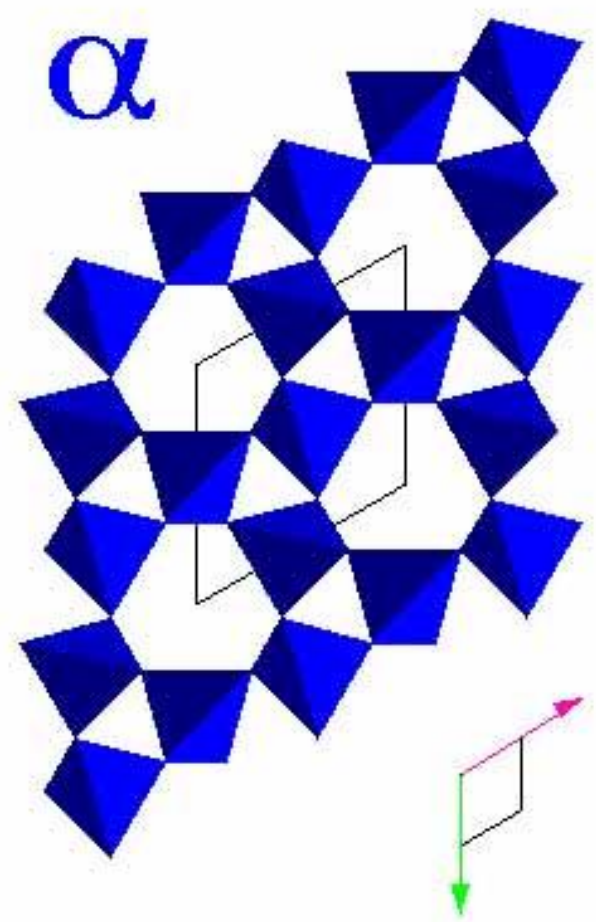
L⁶ 3L² 3L'²

L³

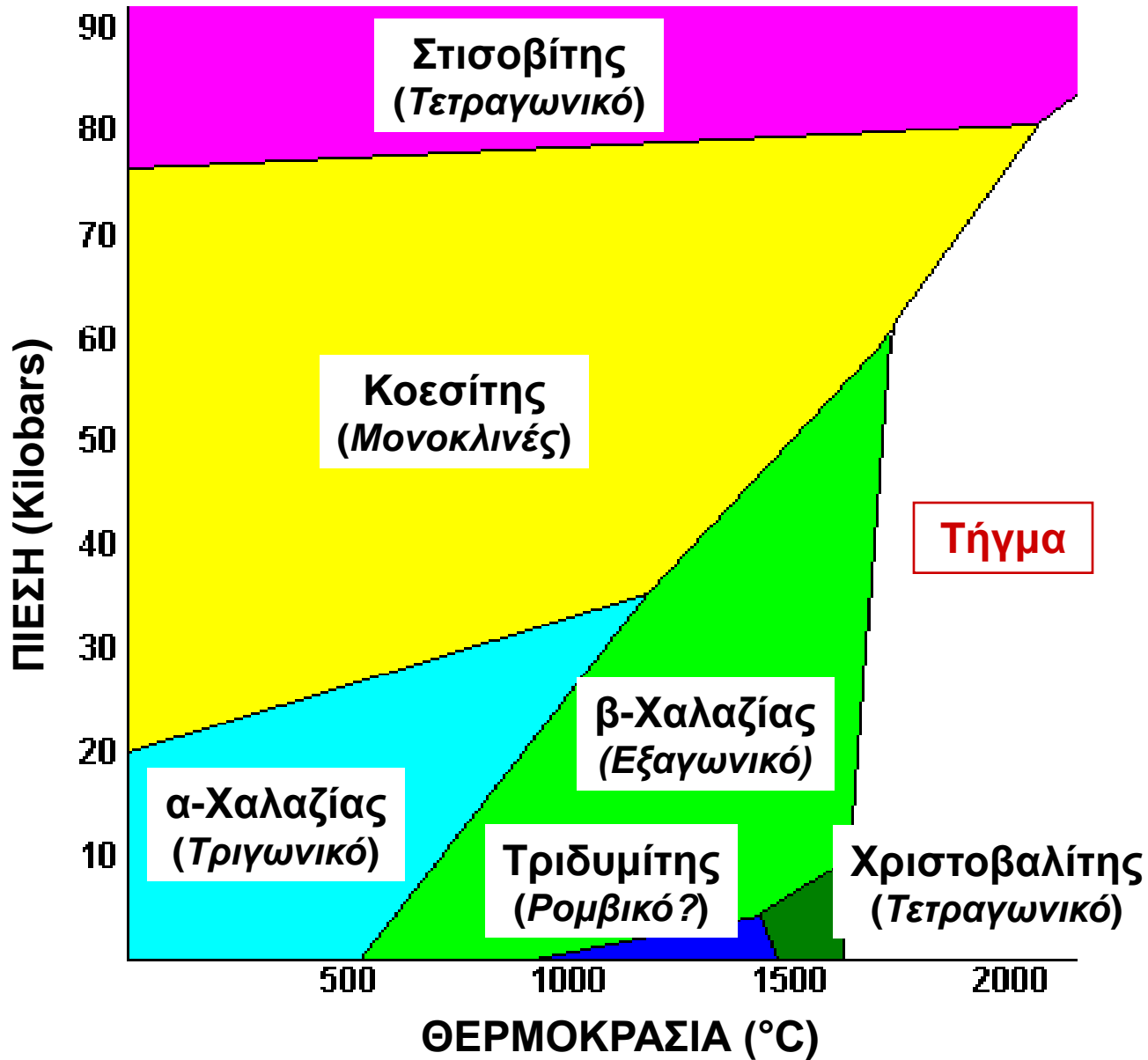


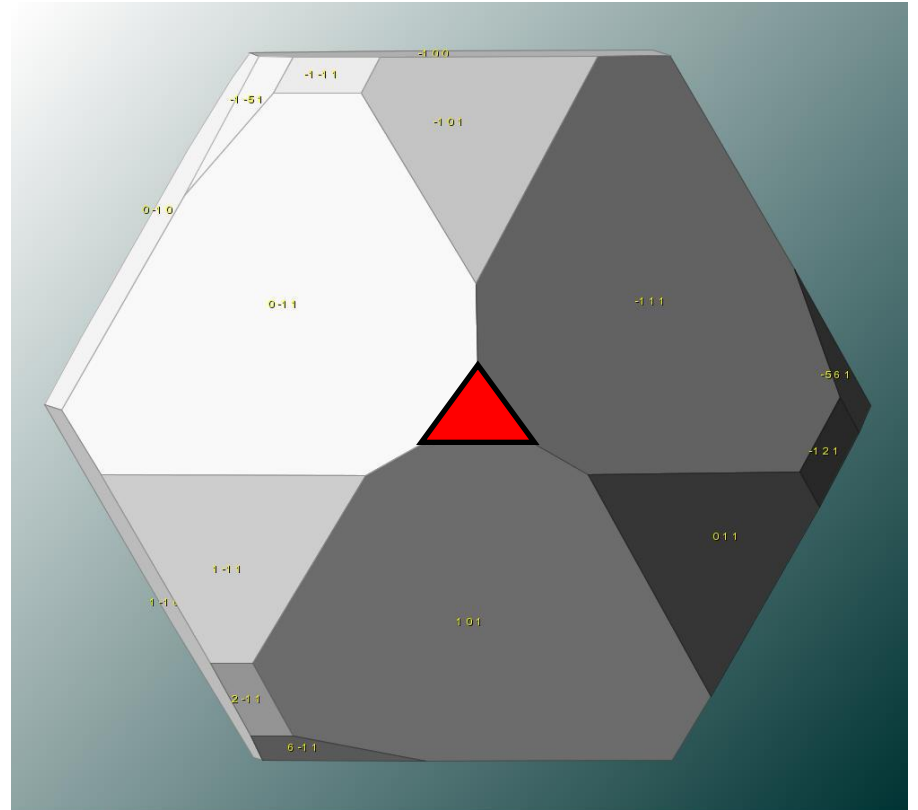
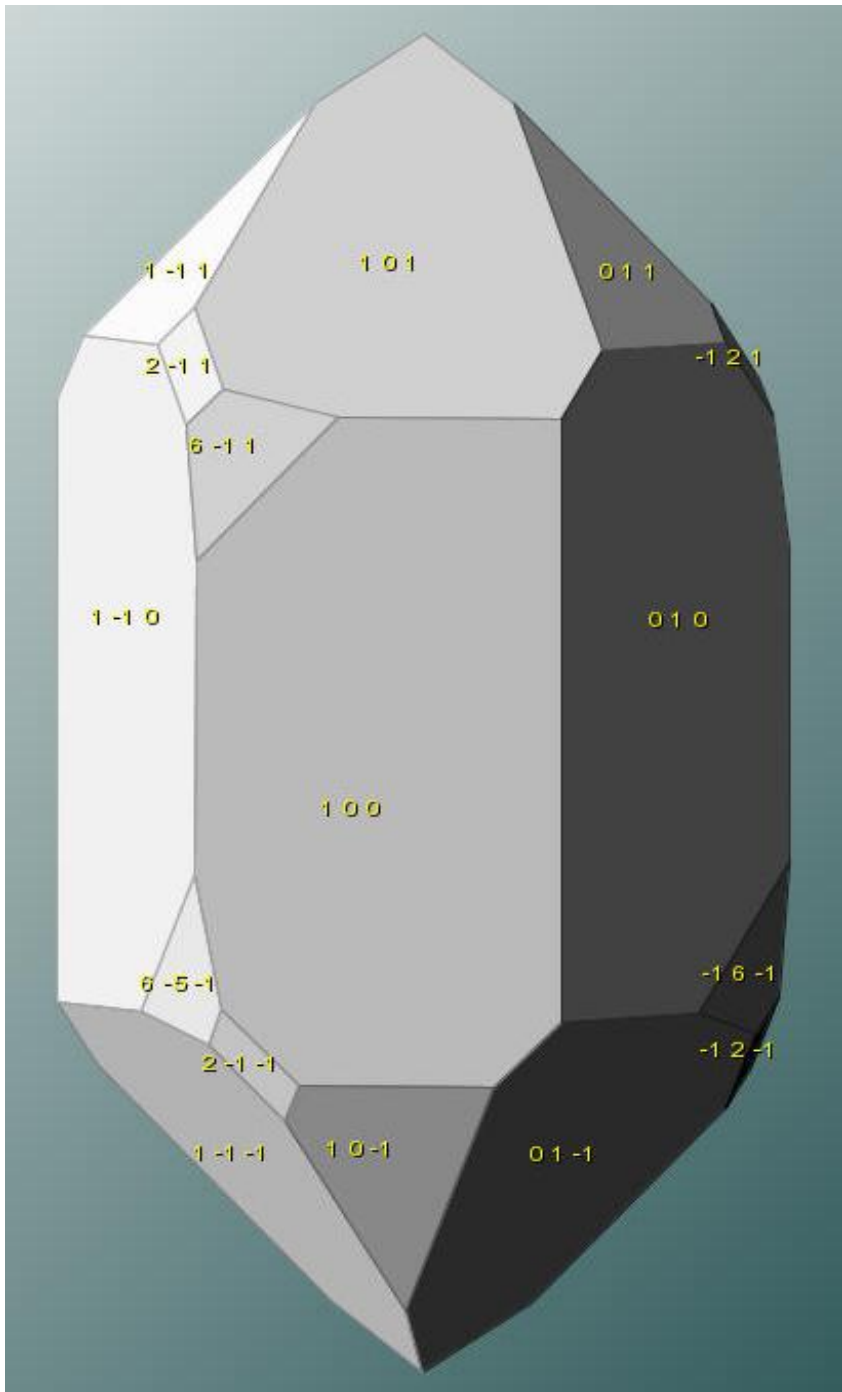
L⁶



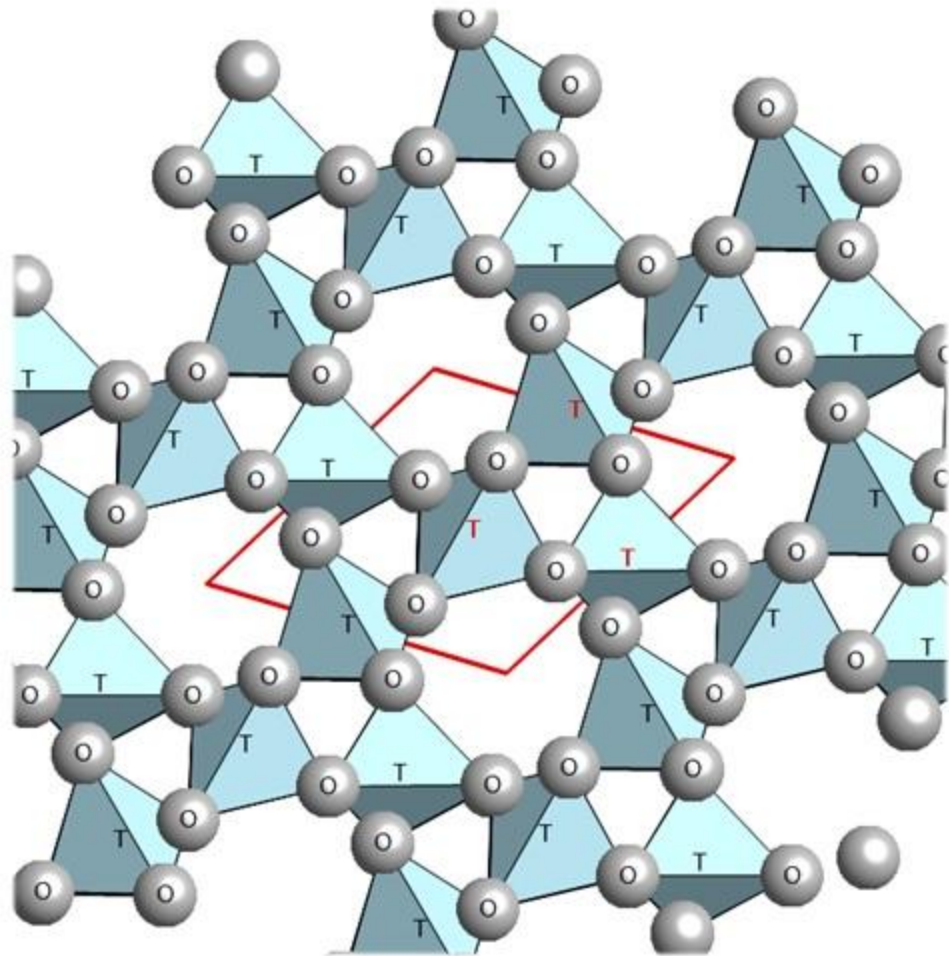
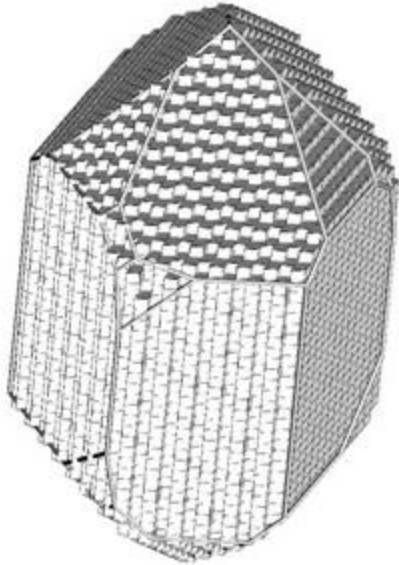
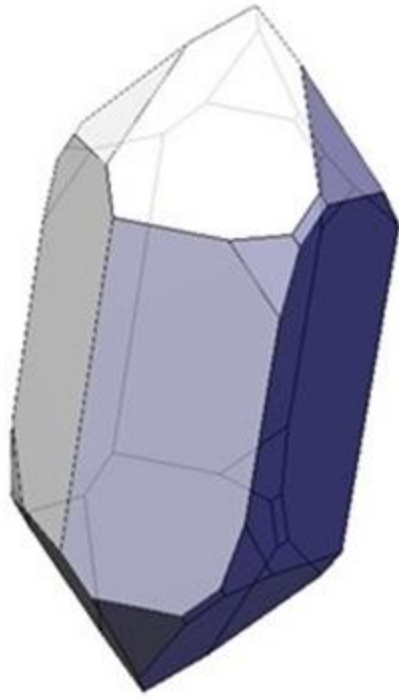


ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ SiO₂





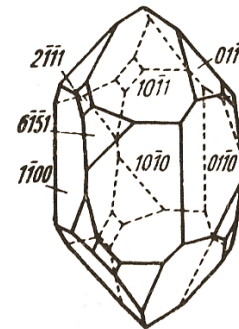
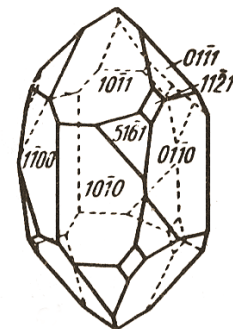
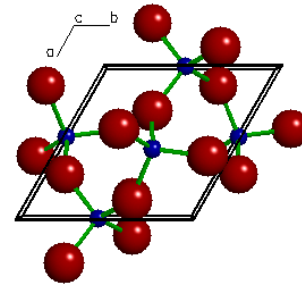
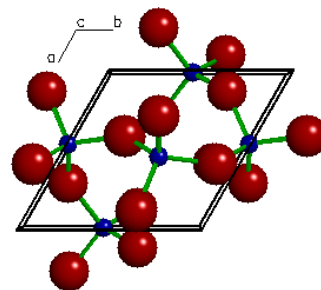
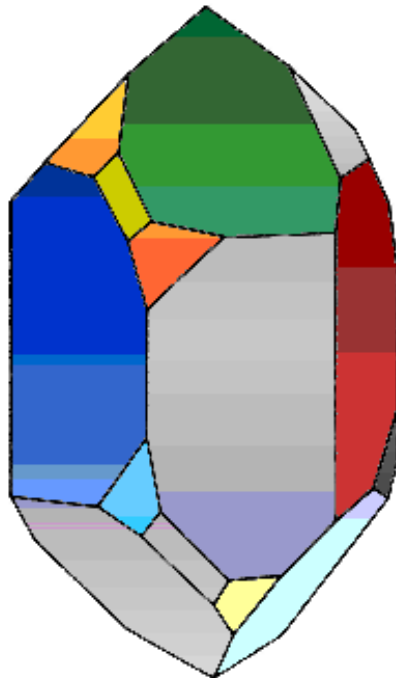
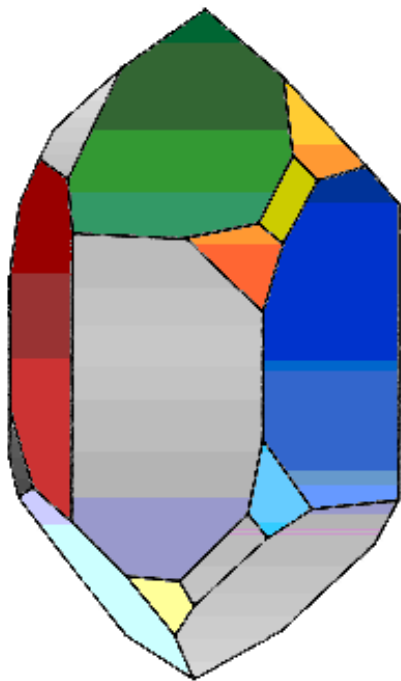
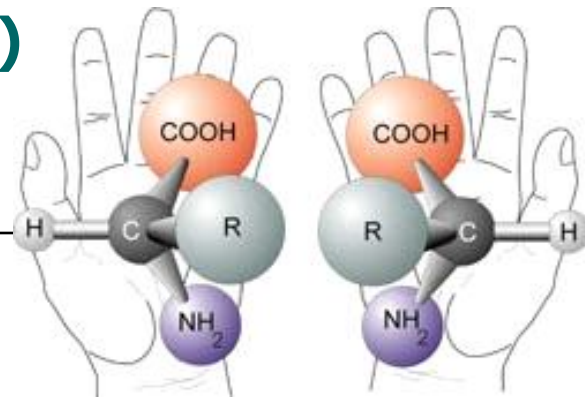
ΧΑΛΑΖΙΑΣ : SiO_2



Εναντιομορφισμός (Enantiomorphism) Χειρομορφία (Chirality)

D- και L-Μορφές

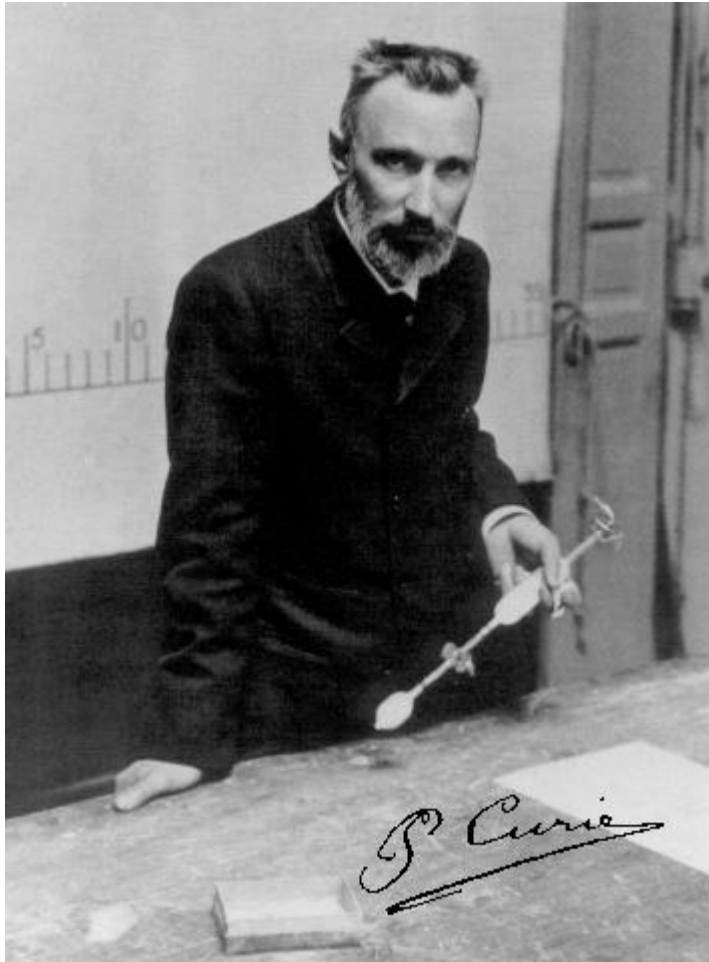
Εναντιόμορφοι κρύσταλλοι



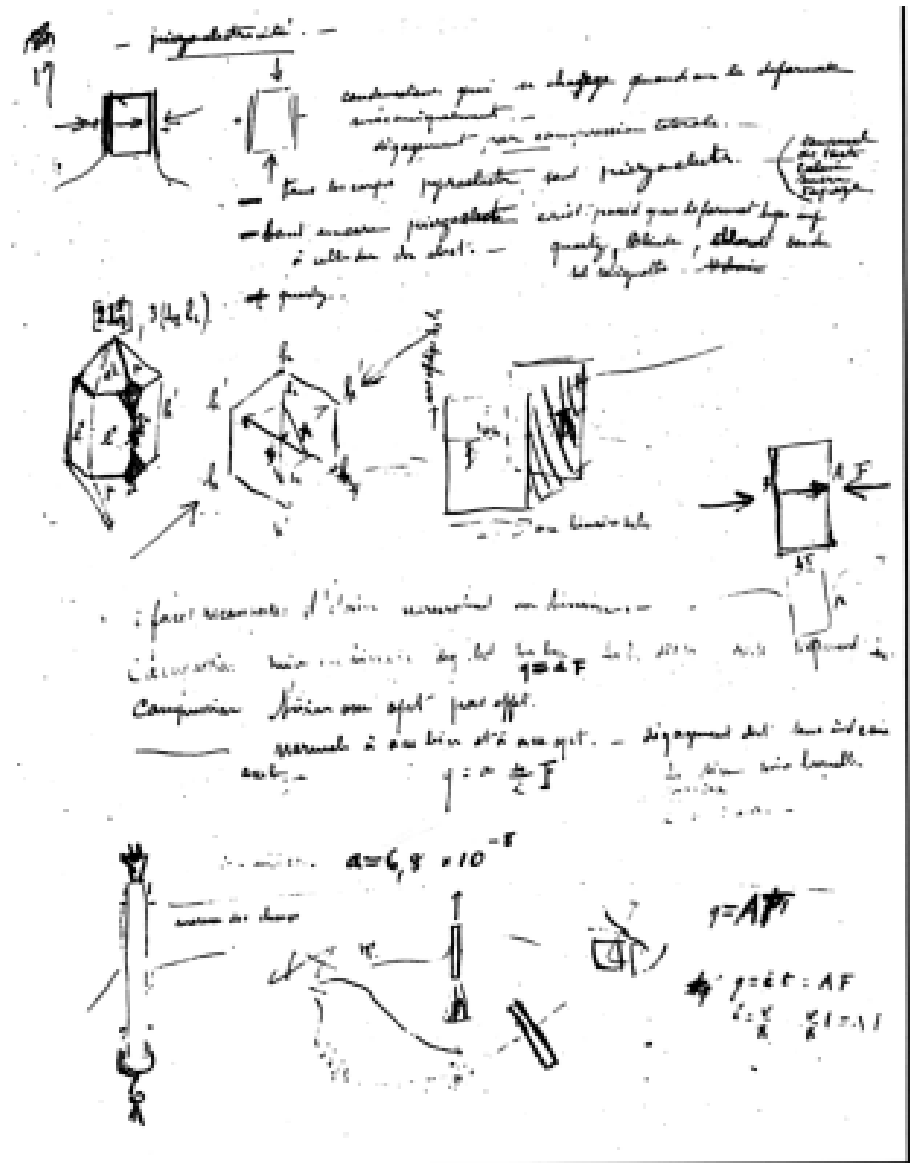
Απουσία επιπέδων συμμετρίας (P) και κέντρου συμμετρίας (C)

ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

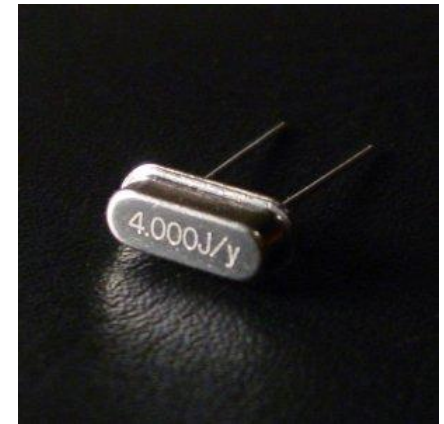
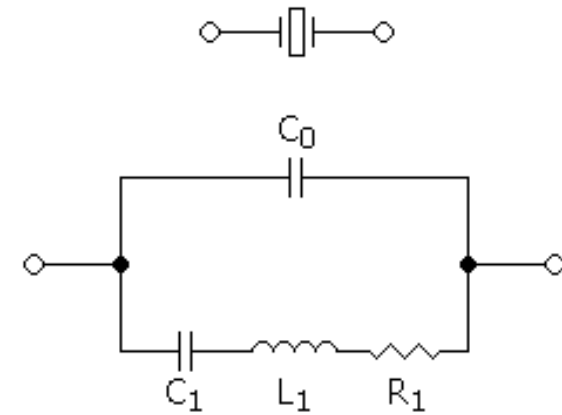
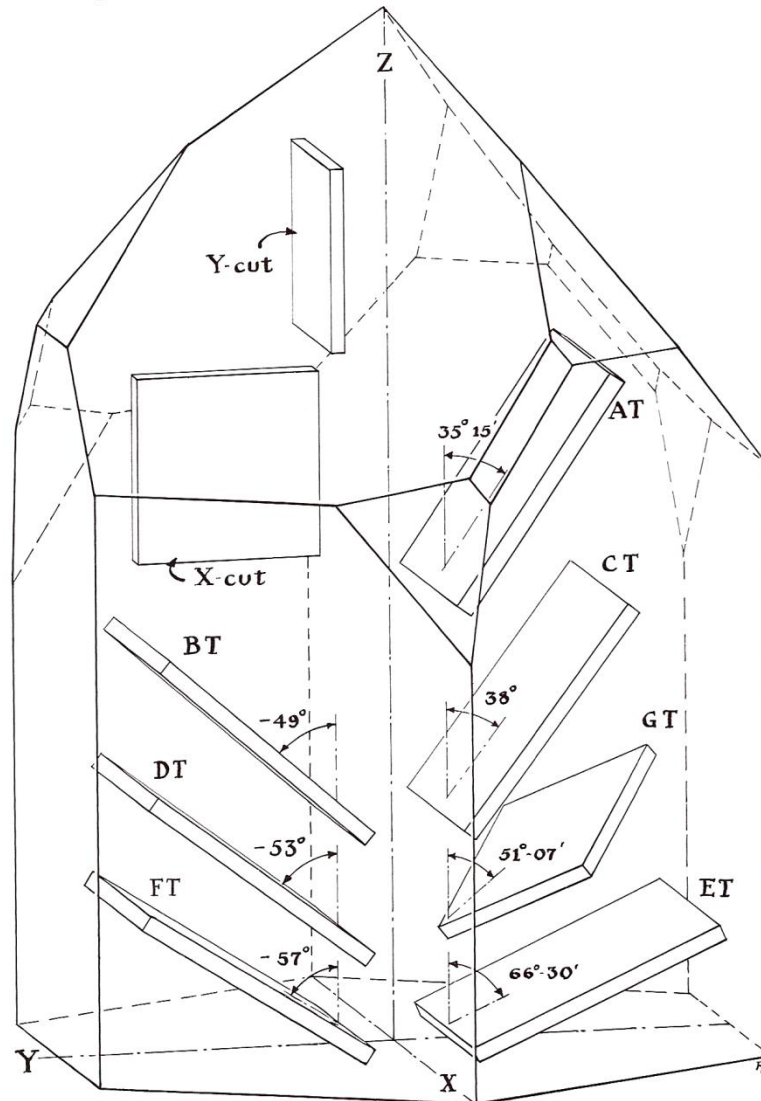
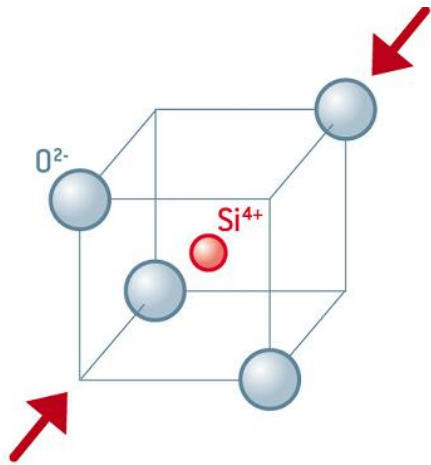
Piezoelectricity



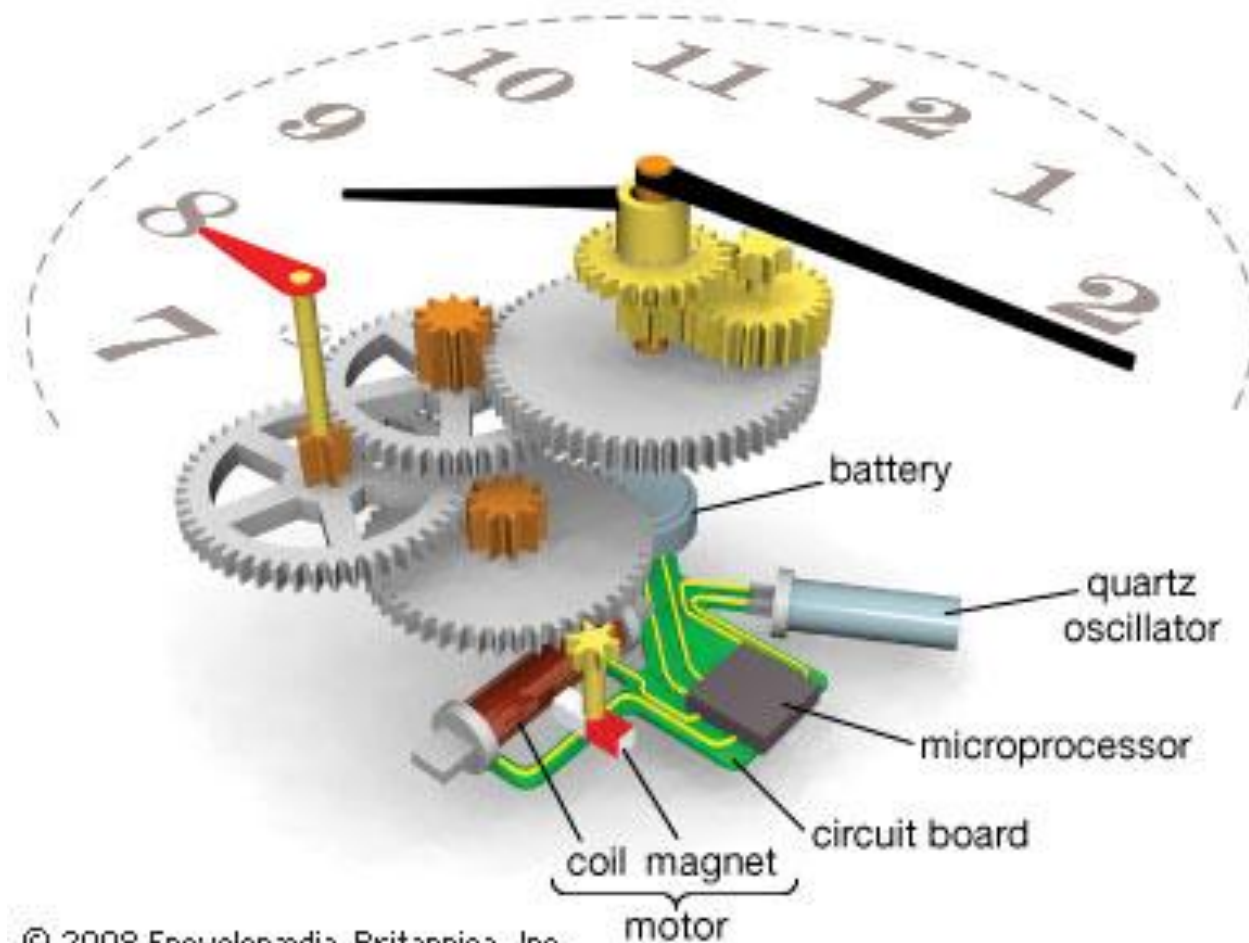
Pierre CURIE, 1880



Ρολόι Χαλαζία - Quartz Clock (1927)

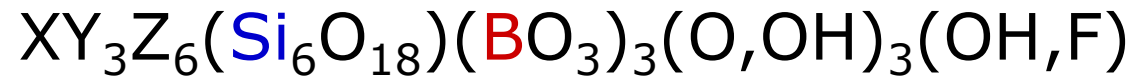


Ρολόι Χαλαζία





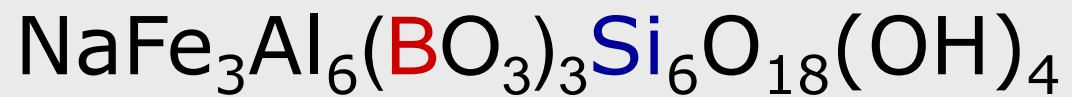
ΤΟΥΡΜΑΛΙΝΗΣ



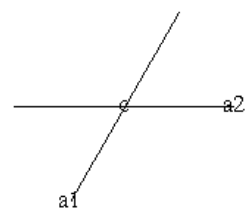
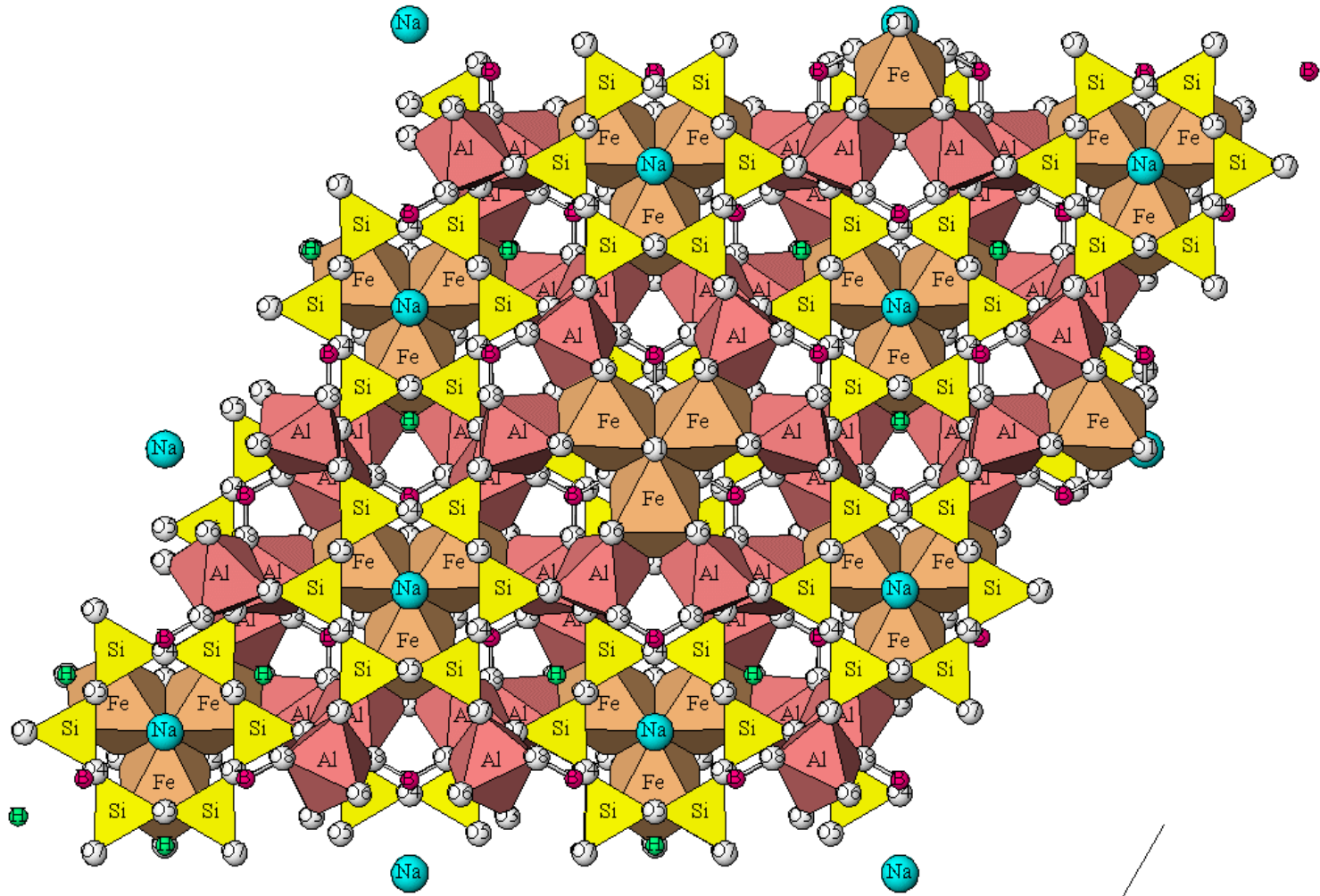
X: Na, Ca

Y: Mg, Fe²⁺, Mn²⁺, Li, Al

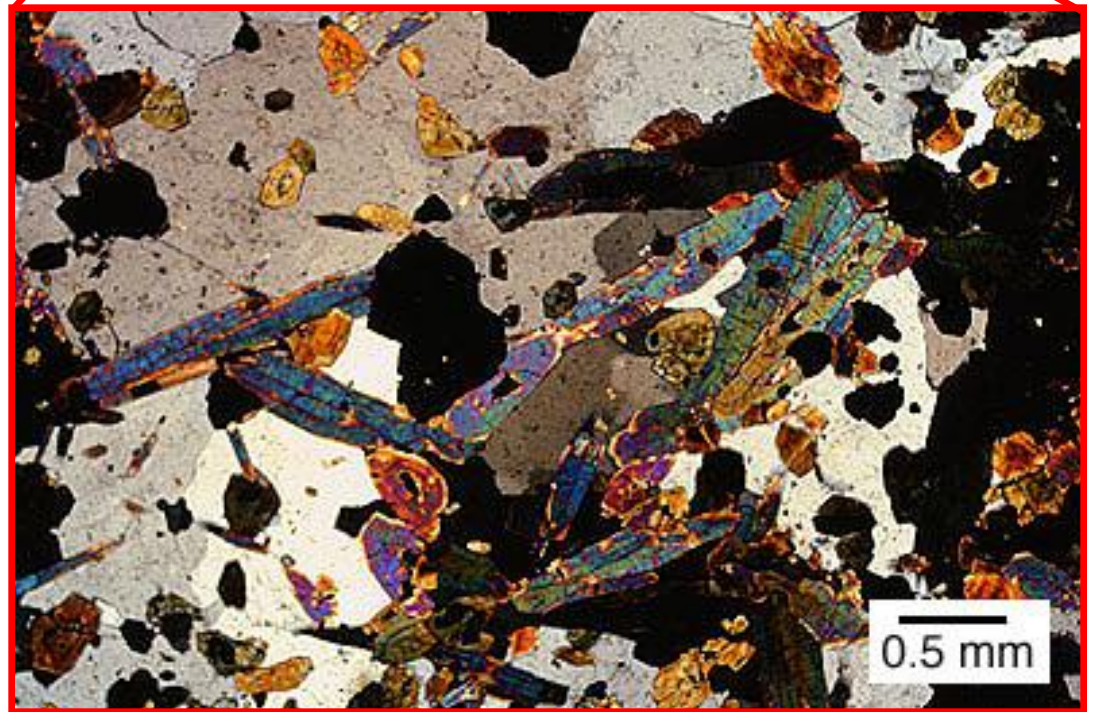
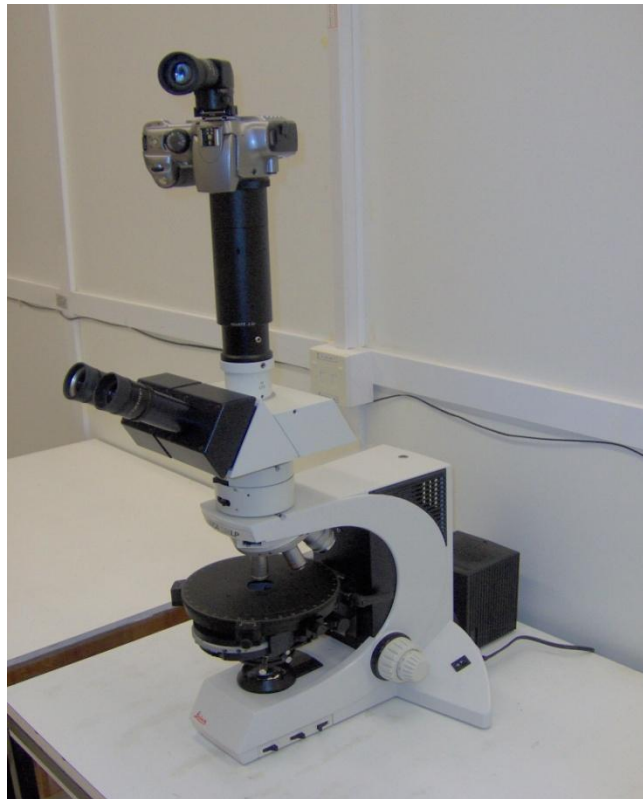
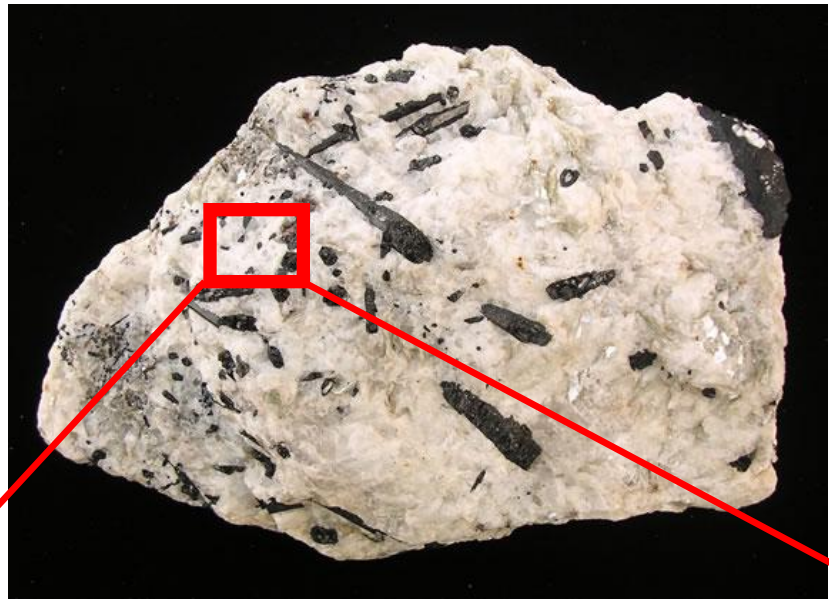
Z: Mg, Fe³⁺, Al



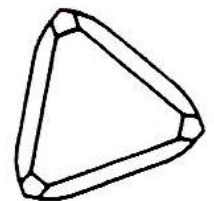
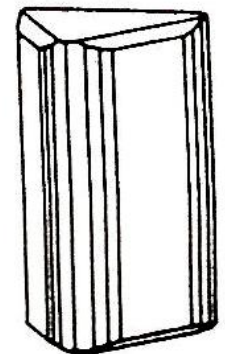
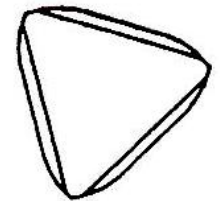
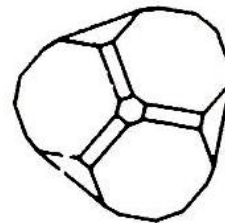
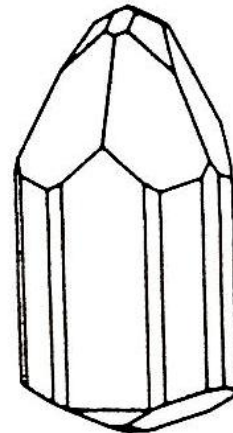
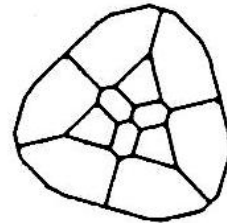
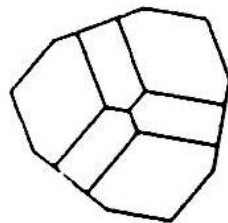
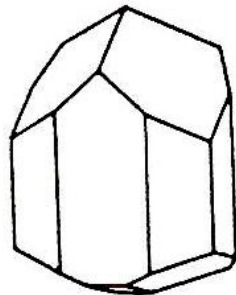
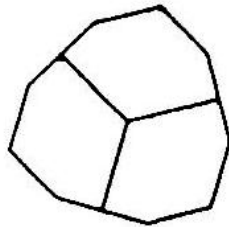
ΤΟΥΡΜΑΛΙΝΗΣ

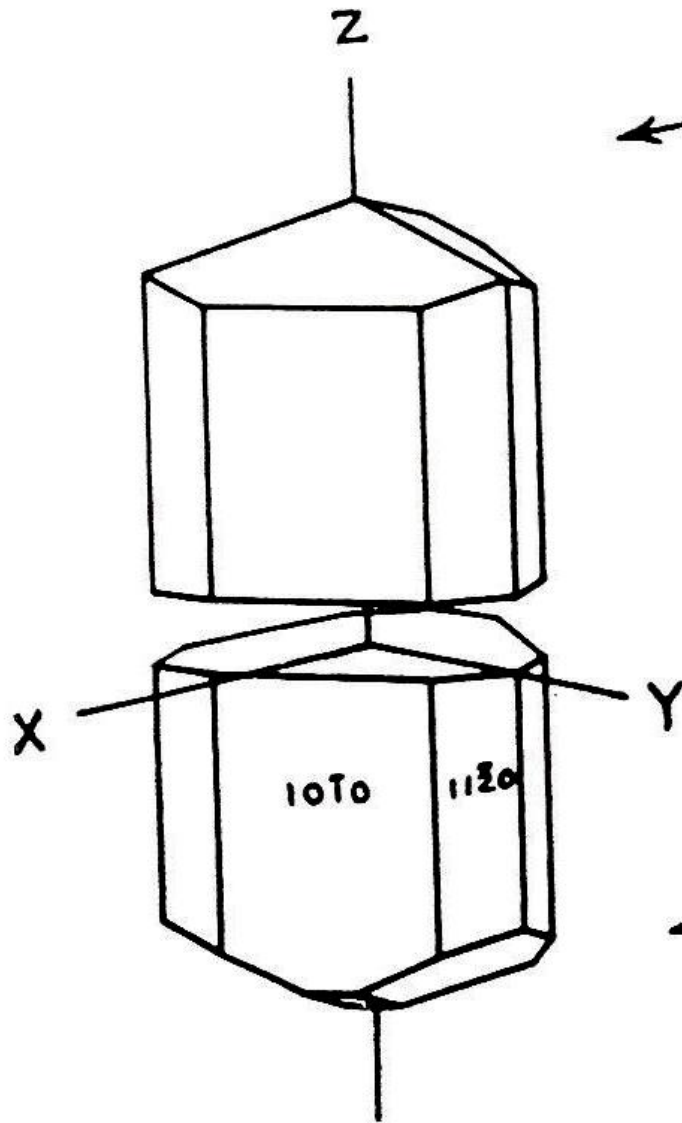
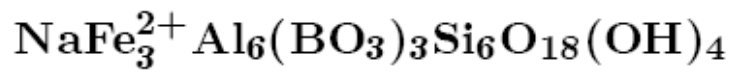


Κρύσταλλοι
ΤΟΥΡΜΑΛΙΝΗ
σε ΧΑΛΑΖΙΑ

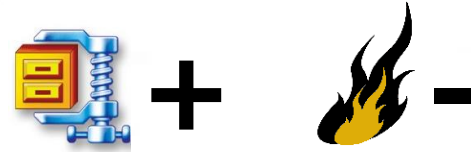


ΤΟΥΡΜΑΛΙΝΗΣ





ANTILOGOUS POLE

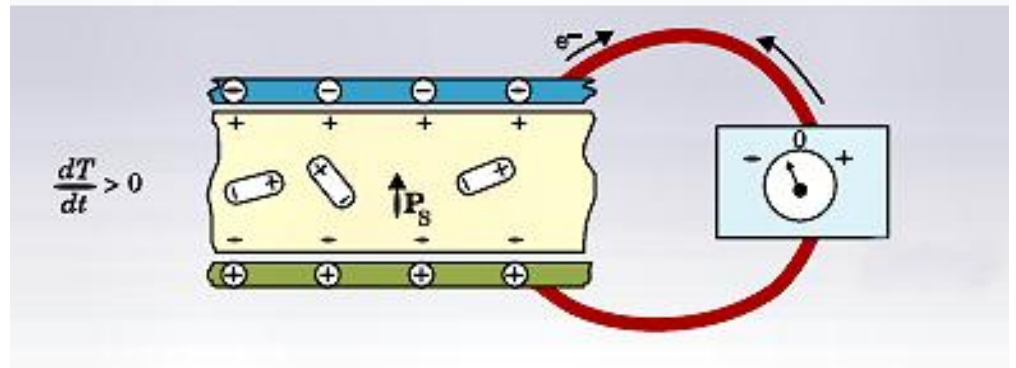
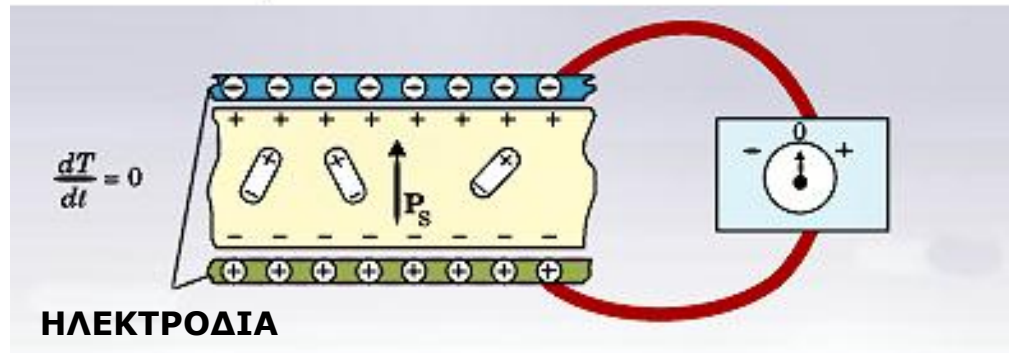
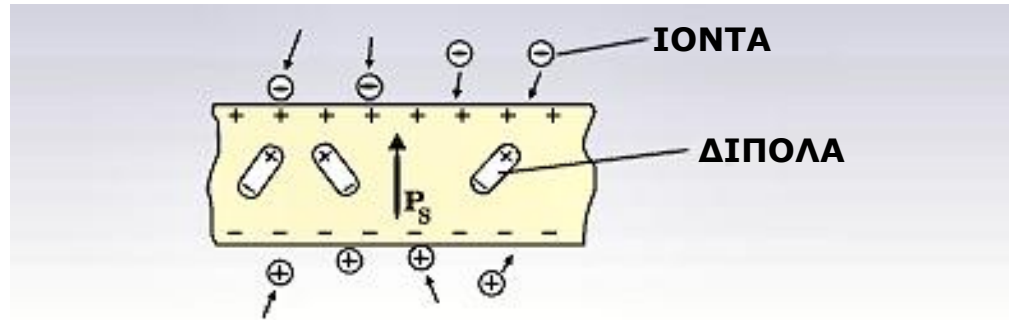


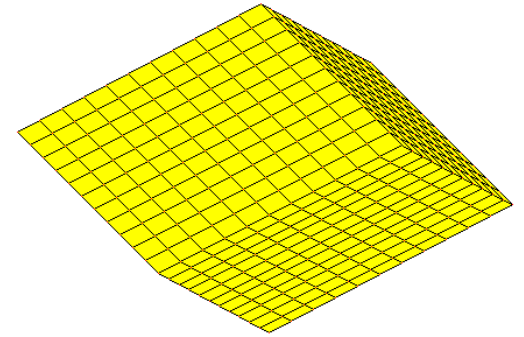
ANALOGOUS POLE



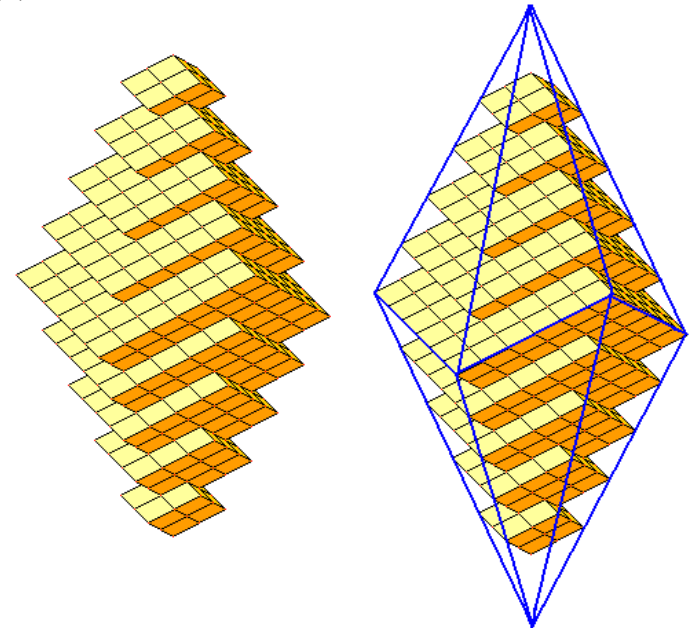
ΠΥΡΟΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Pyroelectricity

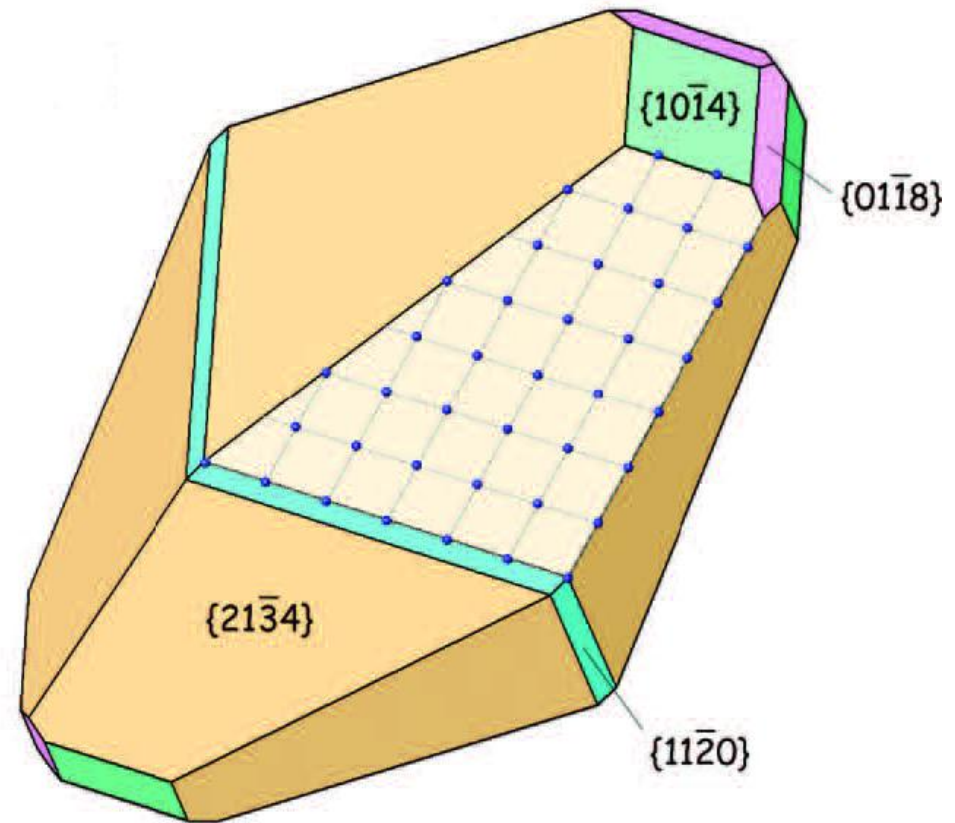
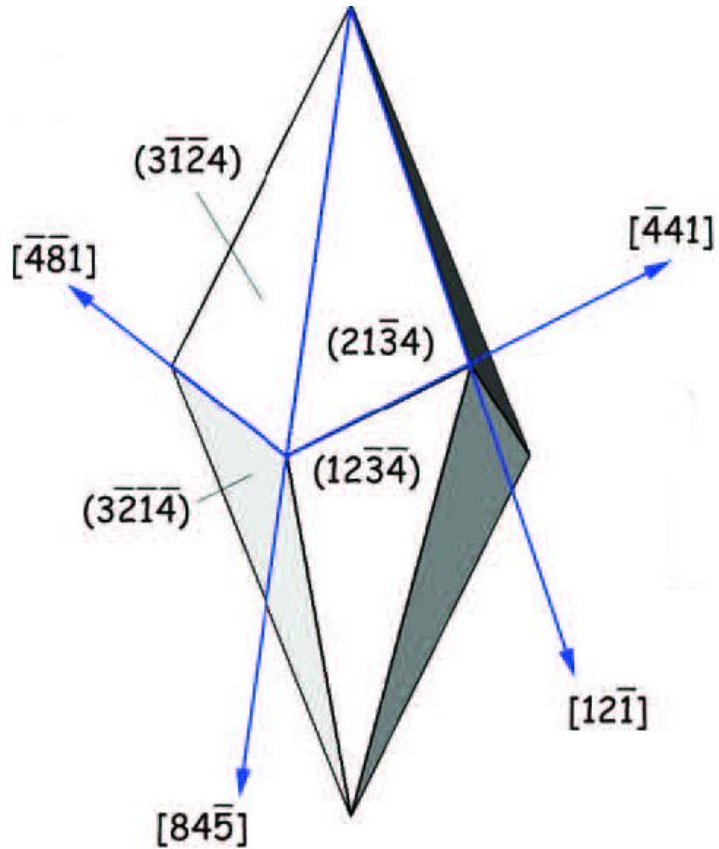




ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ : CaCO_3

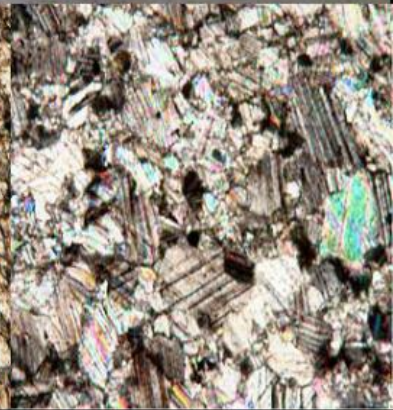
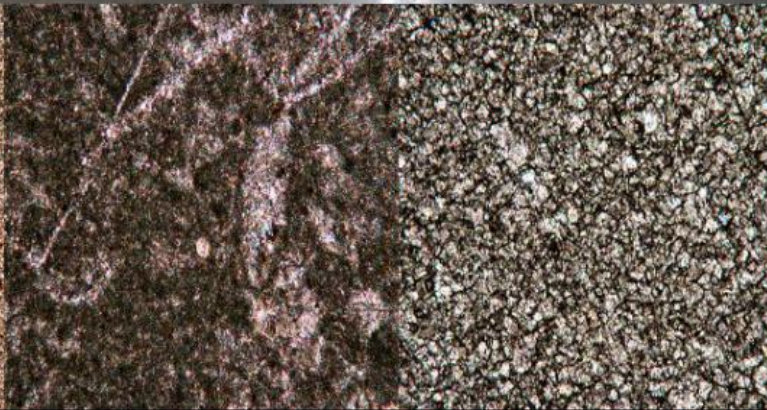


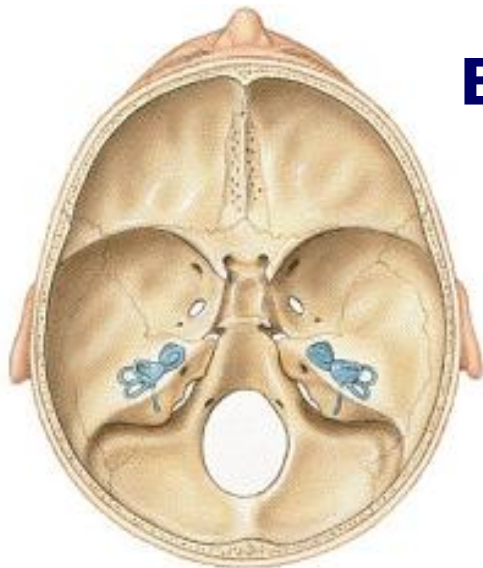
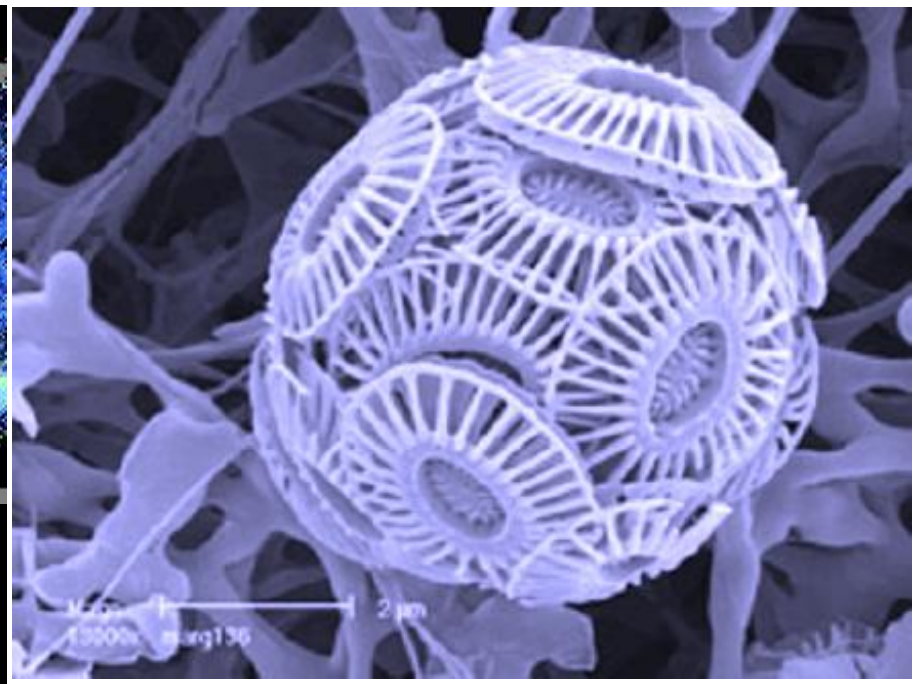
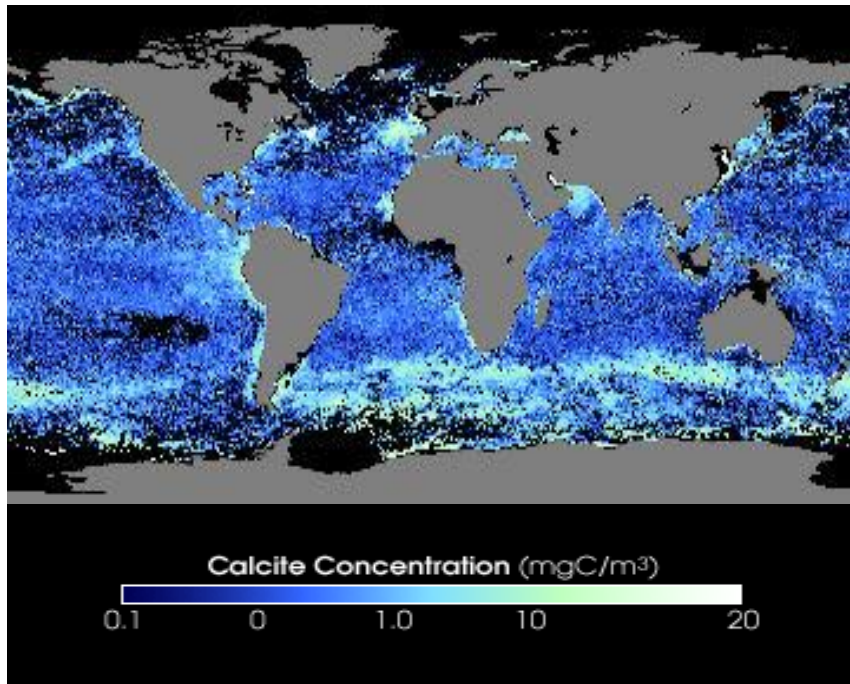
Σκαληνόεδρο (scalenohedron) ασβεσίτη



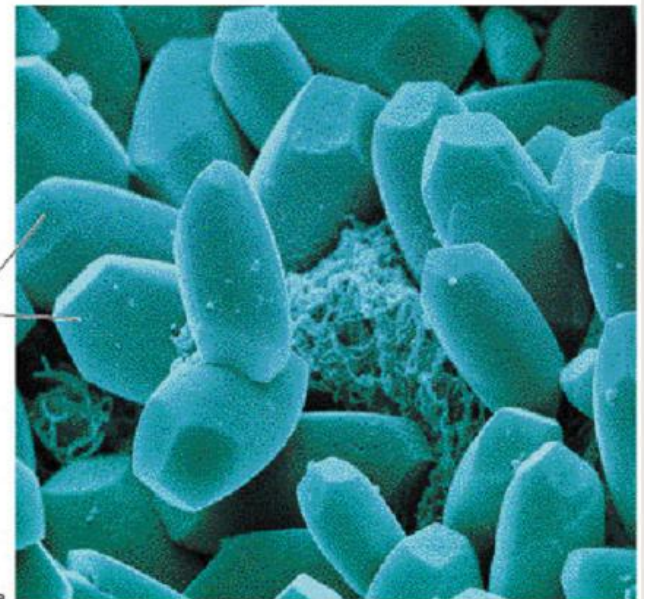
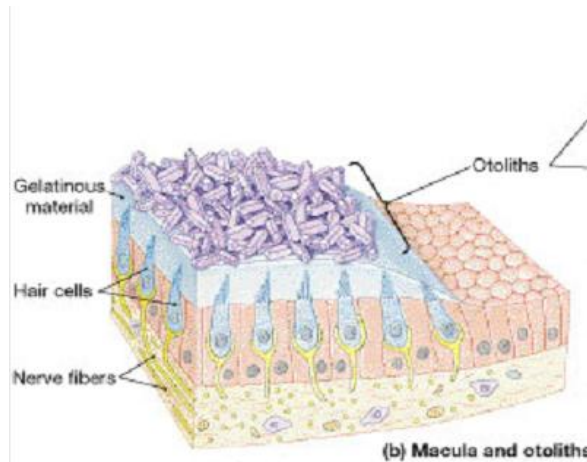


Ασβεστόλιθοι - Μάρμαρα





ΒΙΟ-ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ



ΣΥΜΦΥΣΕΙΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΟΡΘΟΡΗΘΡΩΝ

ΔΙΔΥΜΙΕΣ - ΠΟΛΥΔΥΜΙΕΣ



Οι κρύσταλλοι των ορυκτών είναι κυρτά γεωμετρικά πολύεδρα, δηλαδή δεν παρουσιάζουν εισχωρούσες γωνίες. Επομένως, *κάθε έδρα του κρυστάλλου προεκτεινόμενη αφήνει ολόκληρο τον κρύσταλλο προς το ίδιο μέρος*

➤ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ

Αν συμβαίνει το αντίθετο, πρόκειται για δύο ή περισσότερους **κρυστάλλους που συμφύονται**



ΣΥΜΦΥΣΕΙΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΤΟΥ ΙΔΙΟΥ ΟΡΥΚΤΟΥ

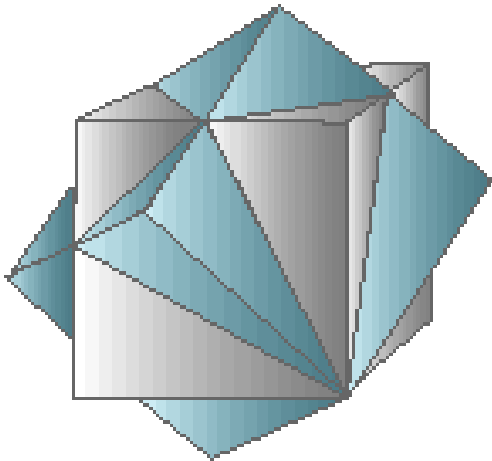
- Παράλληλη σύμφυση
- **Διδυμία** (ΕΠΙΠΕΔΟ και ΑΞΟΝΑΣ ΔΙΔΥΜΙΑΣ)

ΔΙΔΥΜΟΙ ΕΠΑΦΗΣ-ΔΙΔΥΜΟΙ ΔΙΕΙΣΔΥΣΕΩΣ

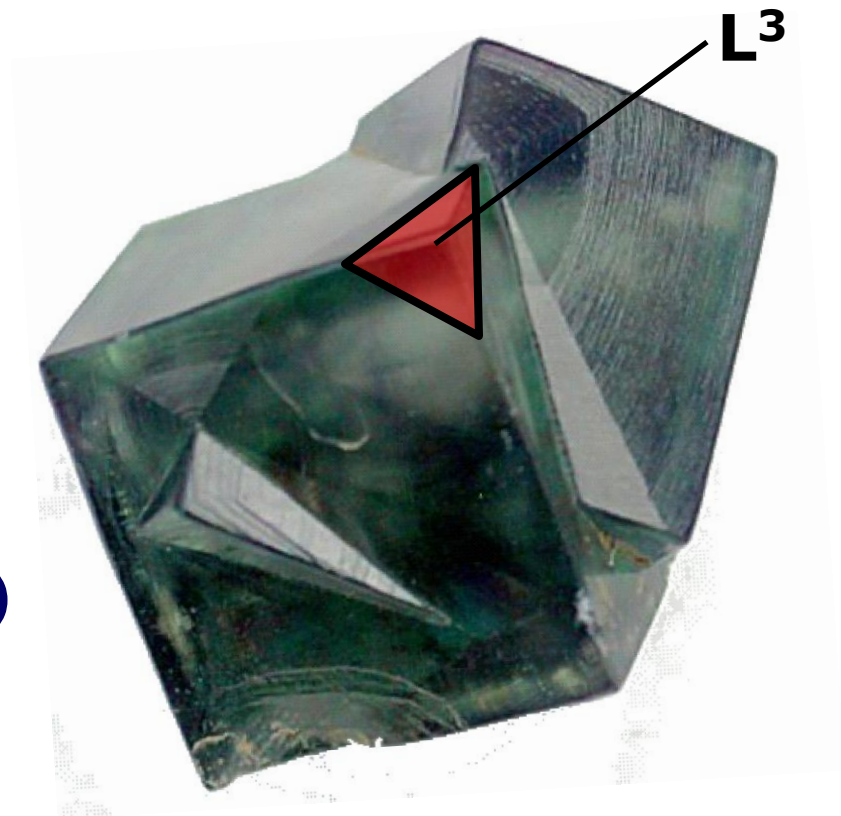
Οι δίδυμοι κρύσταλλοι είναι κοίλα γεωμετρικά πολυέδρα, δηλαδή παρουσιάζουν γωνίες που εισχωρούν εντός των κρυστάλλων. Ωστόσο, οι **Συμπληρωματικοί Δίδυμοι** παρουσιάζονται ως μονοκρύσταλλοι με την μορφή κυρτού γεωμετρικού πολυέδρου

**ΣΥΜΦΥΣΕΙΣ-ΔΙΔΥΜΙΕΣ-ΠΟΛΥΔΥΜΙΕΣ
ΚΥΒΙΚΟΥ, ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΥ, ΡΟΜΒΙΚΟΥ**

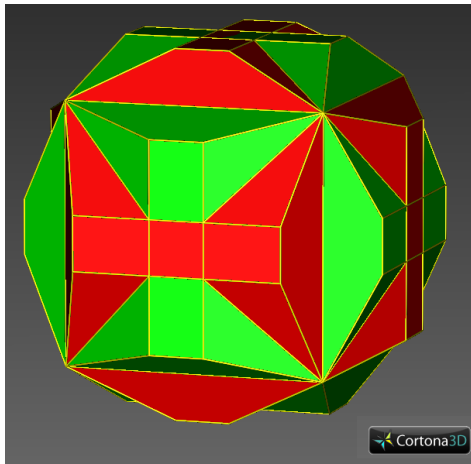
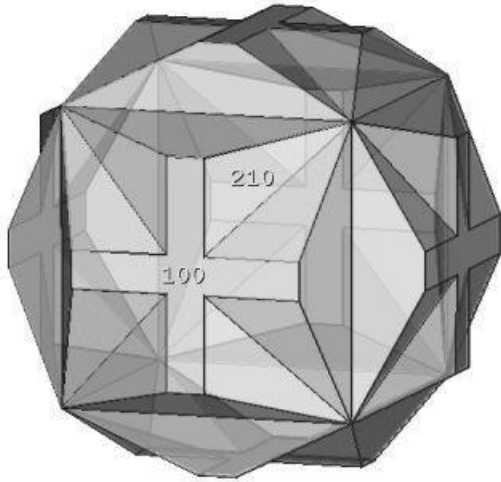
Το επίπεδο διδυμίας μπορεί να είναι παράλληλο προς την έδρα **(111)** και ο άξονας διδυμίας δεν μπορεί να ταυτισθεί με άξονες **L⁴** και **L²** (ταυτίζεται με **L³**).



Διδυμία **ΦΘΟΡΙΤΗ (CaF₂)**
Κυβικό



Διδυμία ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗ κατά $\{110\}$



Διδυμία ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗ κατά {110}

Mineralogical Magazine, October 2016, Vol. 80(6), pp. 937–948

On the origin of ‘iron-cross’ twins of pyrite from Mt. Katarina, Slovenia

ALEKSANDER REČNIK^{1,*}, JANEZ ZAVAŠNIK¹, LEI JIN², ANDREA ČOBIĆ³ AND NINA DANEU¹

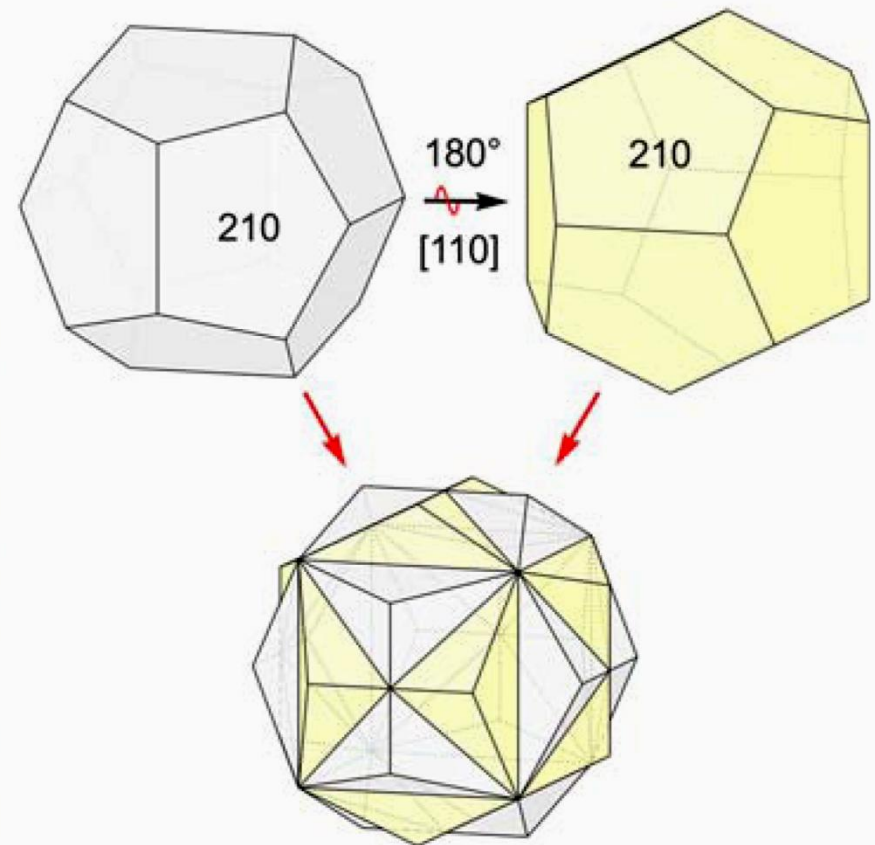
¹ Department for Nanostructured Materials, Jožef Stefan Institute, Jamova cesta 39, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

² Peter Grünberg Institute and Ernst Ruska-Centre (ER-C) for Microscopy and Spectroscopy with Electrons, Research Centre Jülich, D-52425 Jülich, Germany

³ Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 95, CR-10000 Zagreb, Croatia

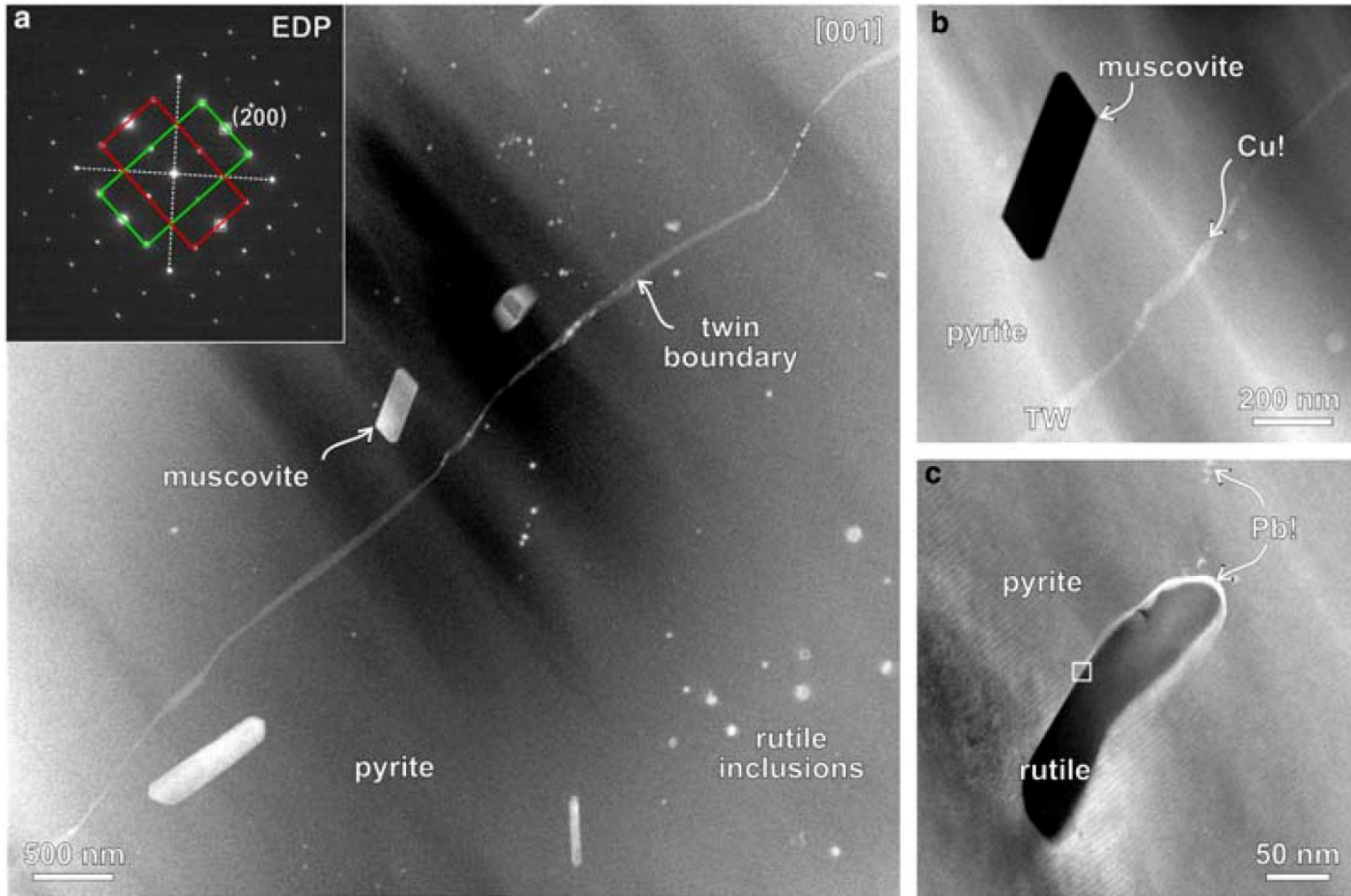
[Received 15 October 2015; Accepted 22 December 2015; Associate Editor: Martin Lee]

Διδυμία ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗ κατά $\{110\}$



TEM – STEM - HAADF

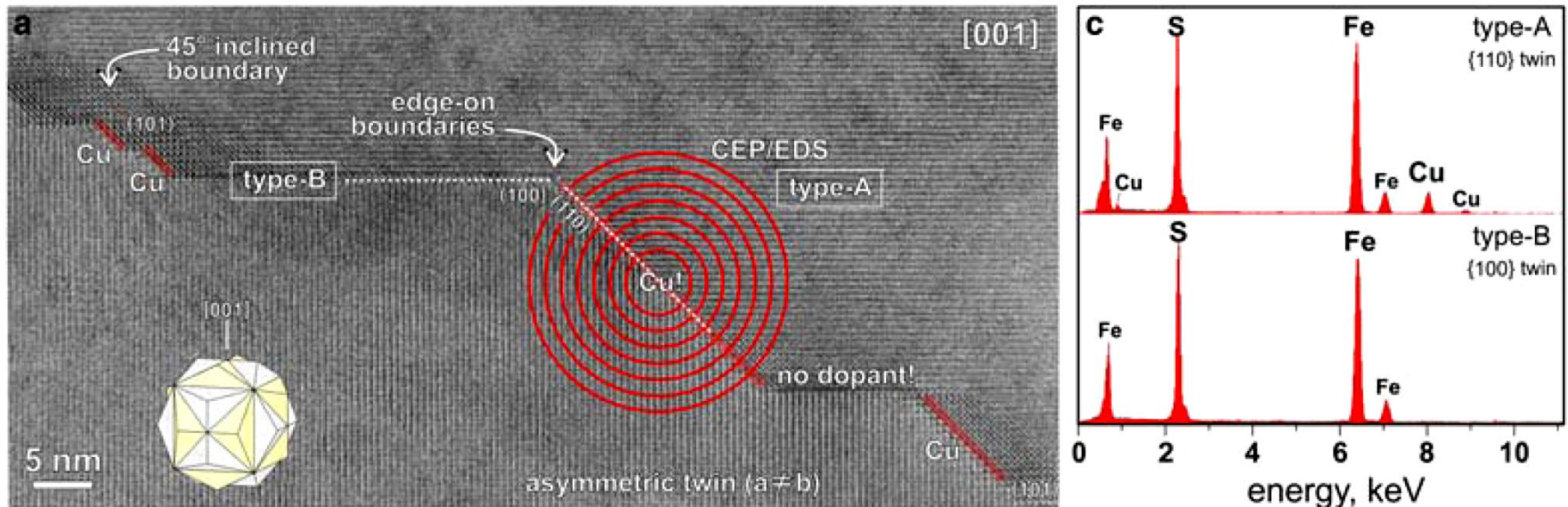
ALEKSANDER REČNIK *ET AL.*



HRTEM

One monolayer of Cu atoms is necessary to stabilize the $\{110\}$ twin structure

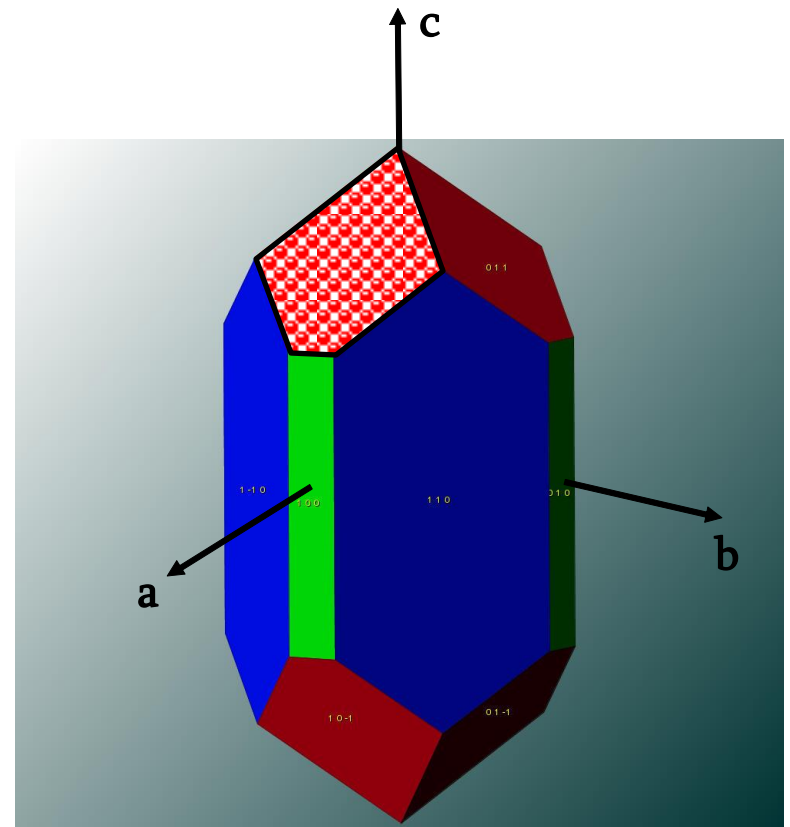
ALEKSANDER REČNIK *ET AL.*



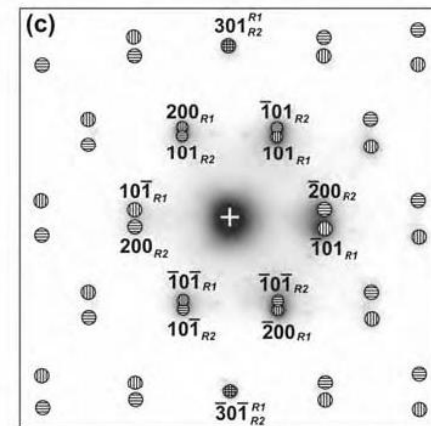
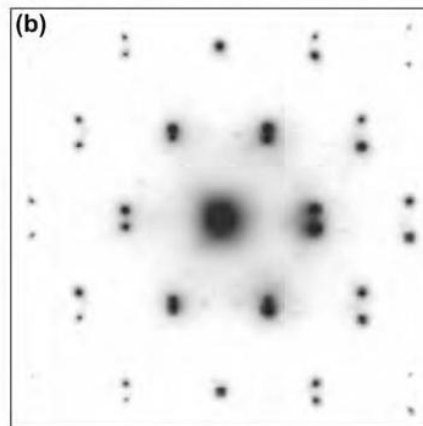
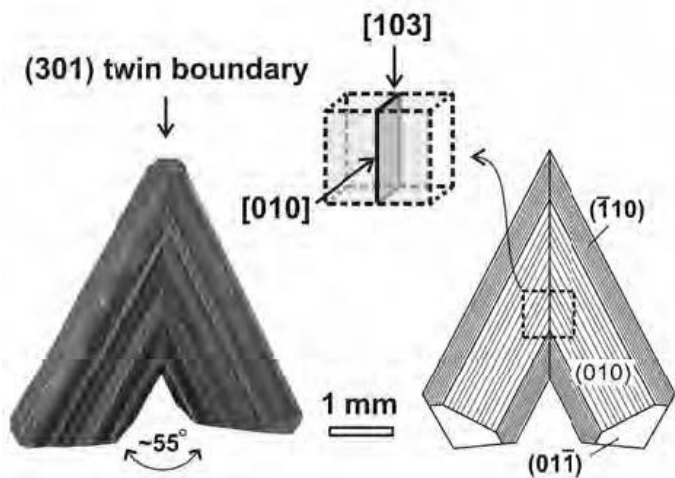
Το επίπεδο διδυμίας μπορεί να είναι παράλληλο προς τις έδρες **(h0l)** και **(hkl)** και ο άξονας δεν μπορεί να ταυτισθεί με **L⁴** και **L²**.



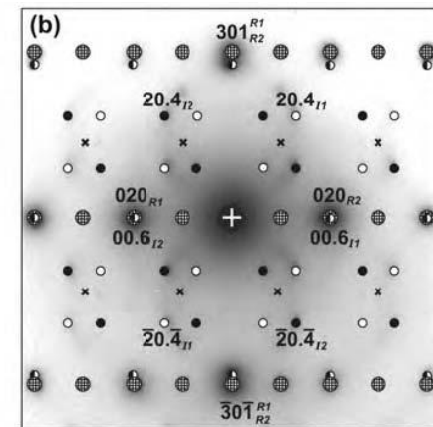
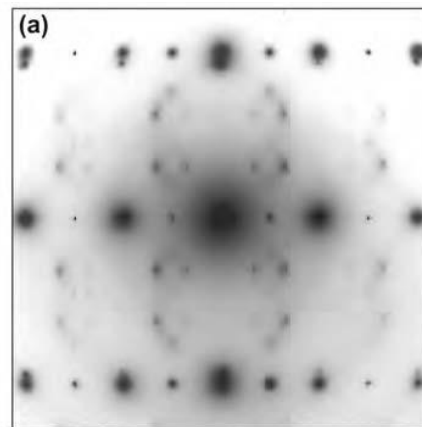
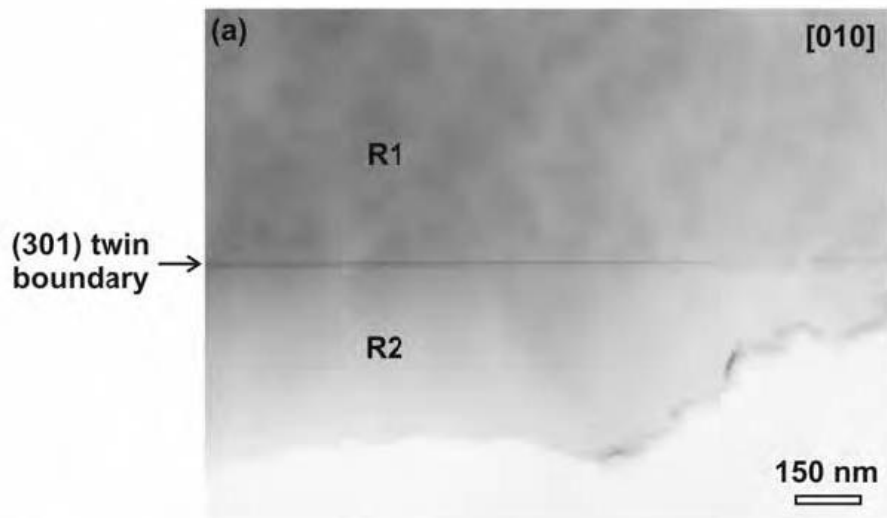
Διδυμία **ΡΟΥΤΙΛΙΟΥ (TiO₂)**
Τετραγωνικό



TEM



●, ○, ⊙ : Rutile (obverse, reverse and common reflections)

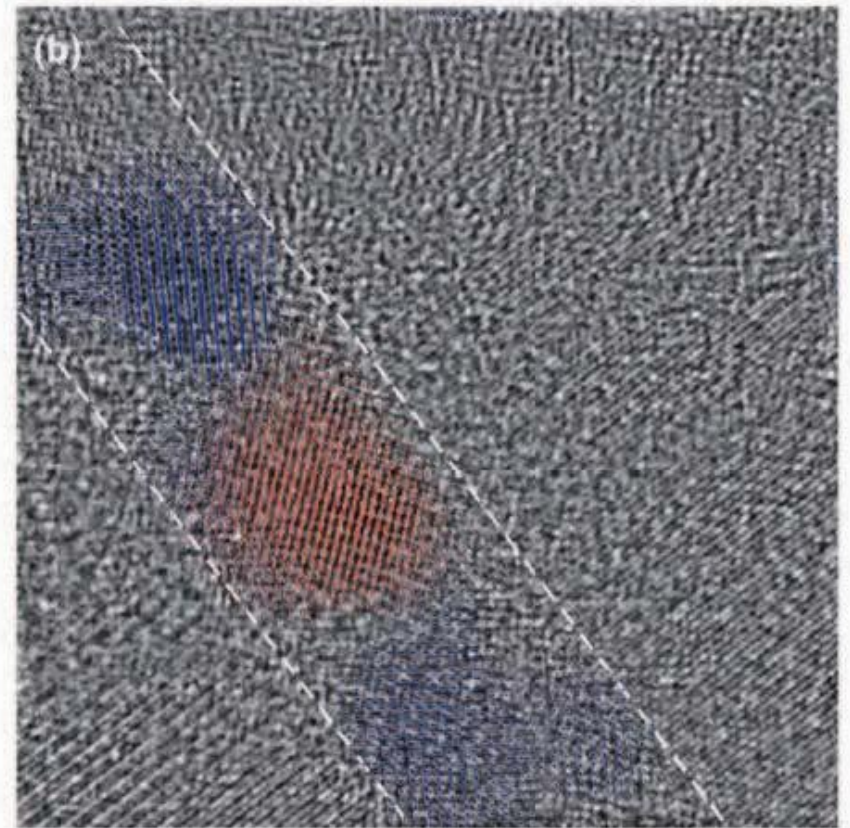
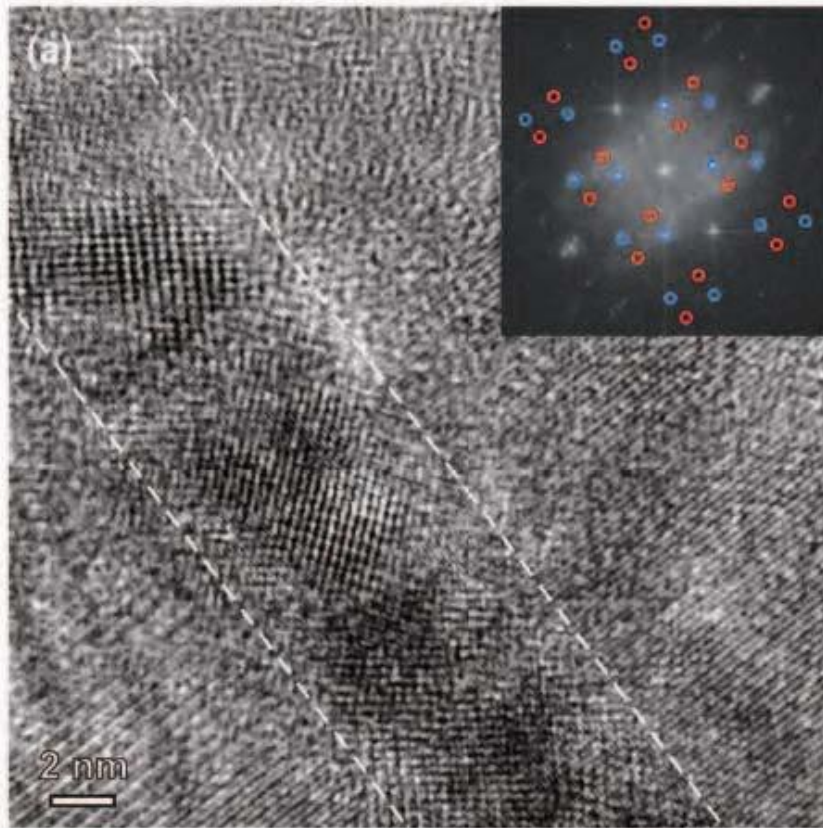


● : Rutile (R1 + R2 reflections)

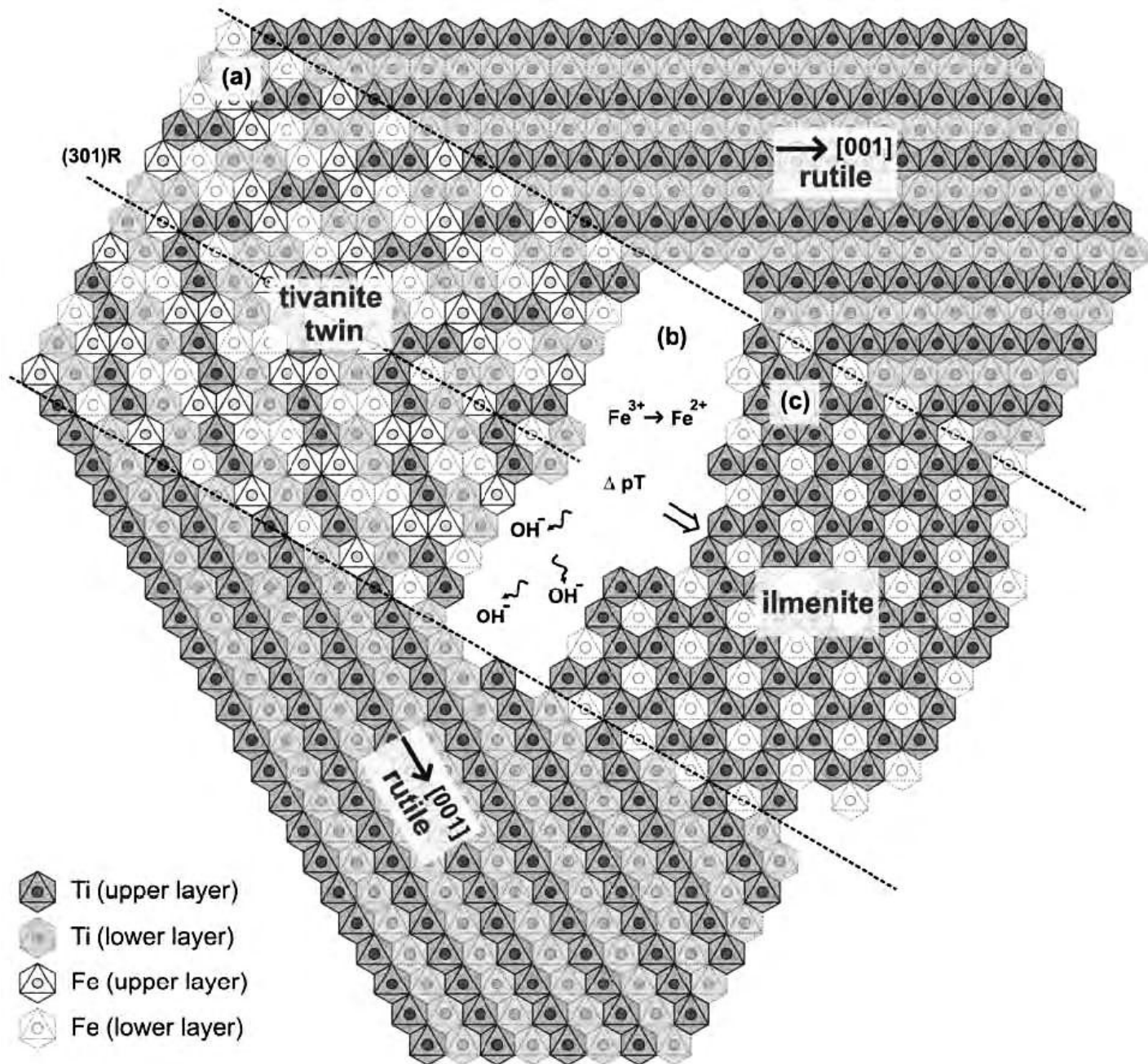
○, ⊙, ⊖ : Ilmenite (obverse, reverse and common reflections)

x : Goethite

HRTEM



(Al)FeTiO₃



Atomic structure and formation mechanism of (101) rutile twins from Diamantina (Brazil)

NINA DANEU^{1,*}, ALEKSANDER REČNIK¹ AND WERNER MADER²

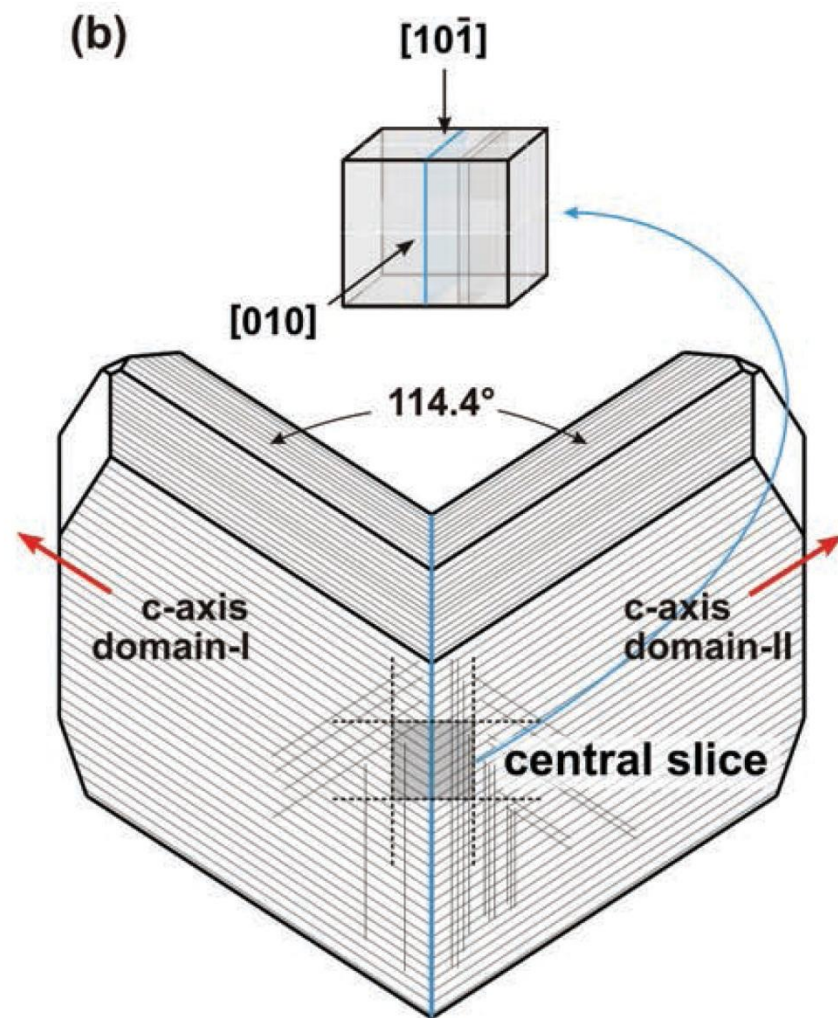
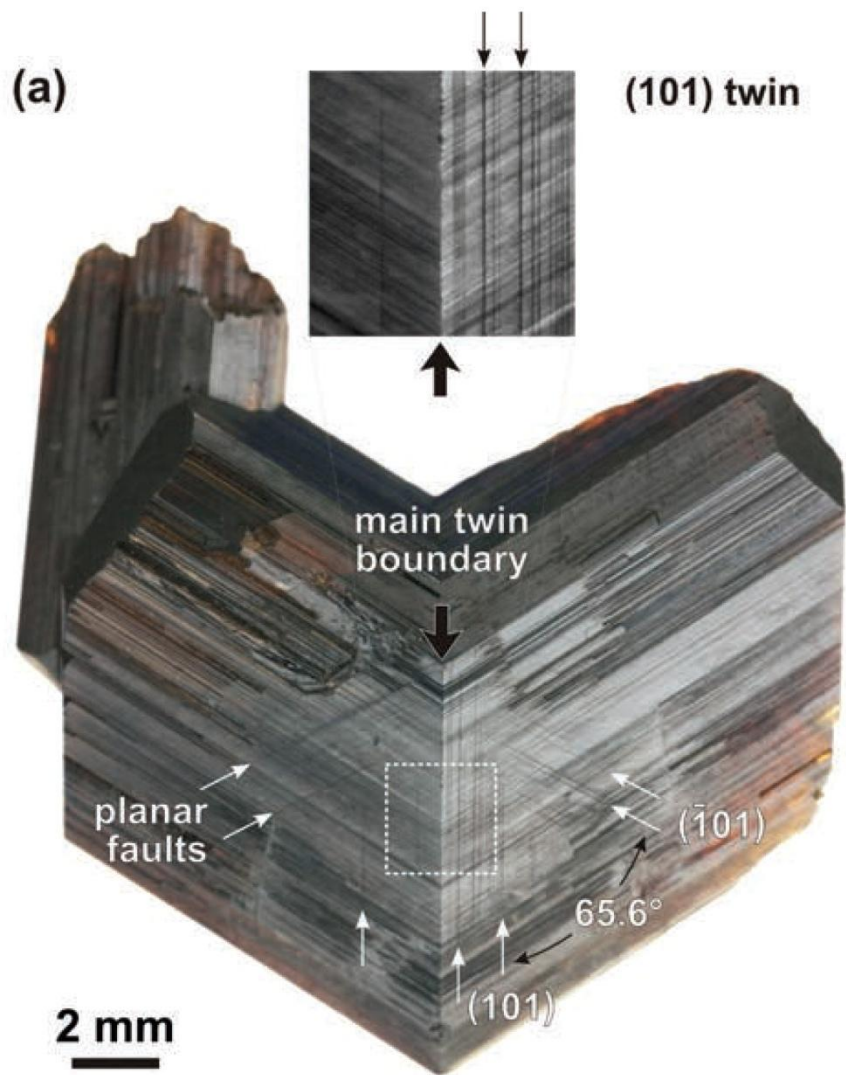
¹Department for Nanostructured Materials, Jožef Stefan Institute, Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

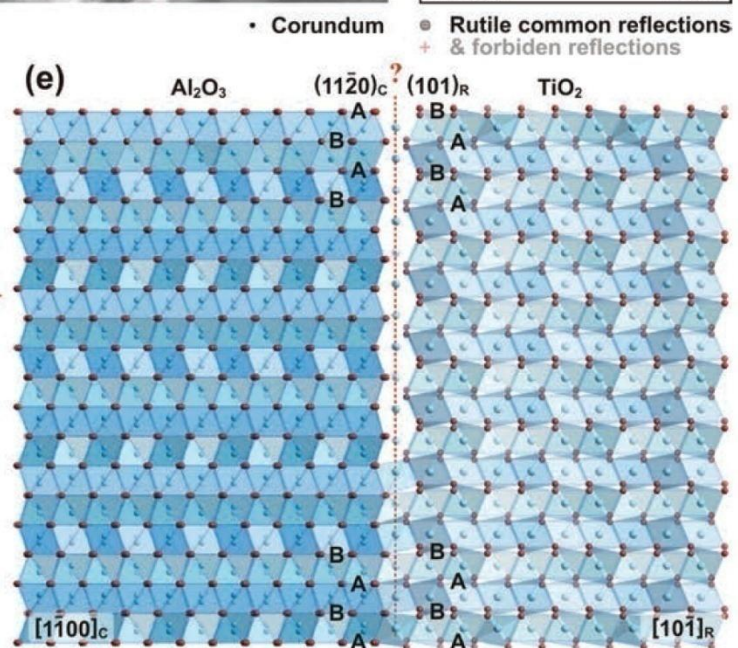
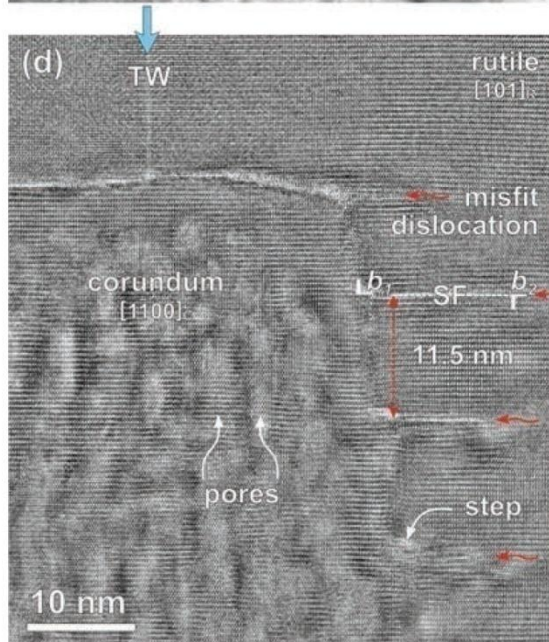
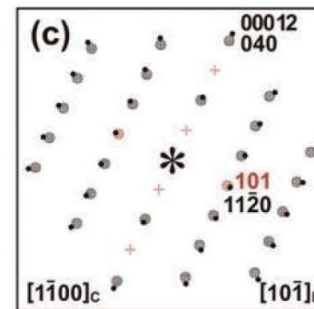
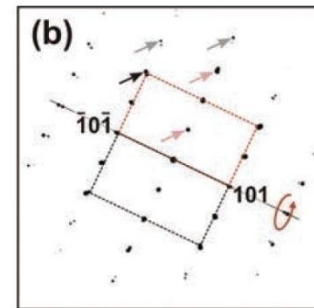
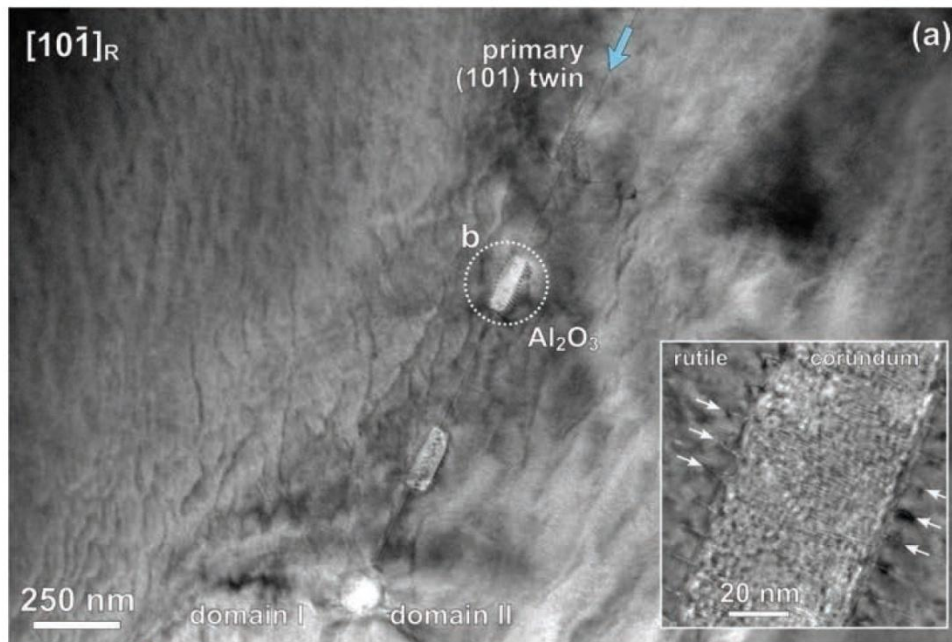
²Institut für Anorganische Chemie, Universität Bonn, Römerstrasse 164, 53117 Bonn, Germany

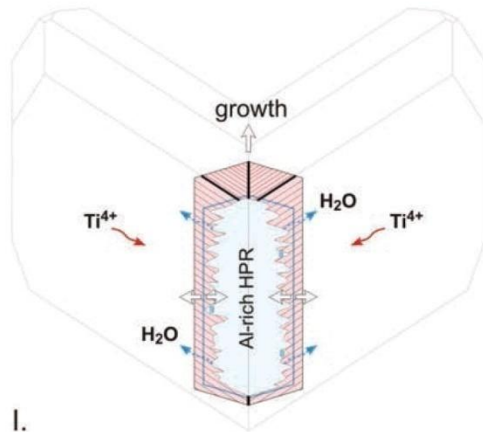
ABSTRACT

We studied the atomic structure and the chemical composition of (101)-type rutile (TiO₂) twins from Diamantina in Brazil by electron microscopy methods to resolve the mechanism of their formation. The twin boundaries were studied in two perpendicular orientations to reveal their 3D structure. The presence of a precursor phase, such as Al-rich hydroxylated pseudorutile (HPR; kleberite), during the initial stages of the crystallization appears to be the necessary condition for the formation of (101) twins of rutile at this locality. The precursor with a tivanite-type structure serves as a substrate for the topotaxial crystallization of rutile. Depending on the initial crystallization pattern the rutile can grow either as a single crystal or as a twin. During the progressive crystallization of the rutile Al-rich oxyhydroxide (diaspore, α -AlOOH) clusters are concentrated at the center of the precursor where they are pinned to the twin boundary as the precursor is fully recrystallized into rutile. At the increased temperatures the remaining diaspore precipitates are converted to corundum (α -Al₂O₃), while the two crystal domains continue to grow in the (101) twin orientation. In addition to the primary (101) twin, series of secondary {101} twins are formed to accommodate the residual tensile stress caused by the diaspore-to-corundum transformation. Based on the observed corundum-rutile $[0001]_c(11\bar{2}0)_c||[010]_r(101)_r$ and ilmenite-rutile $[0001]_i(1\bar{1}00)_i||[010]_r(301)_r$ crystallographic relations a unified mechanism of the genesis of the {101} and {301} reticulated sagenite twin clusters is proposed.

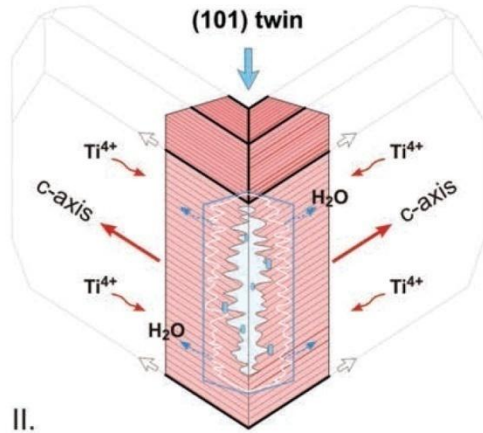
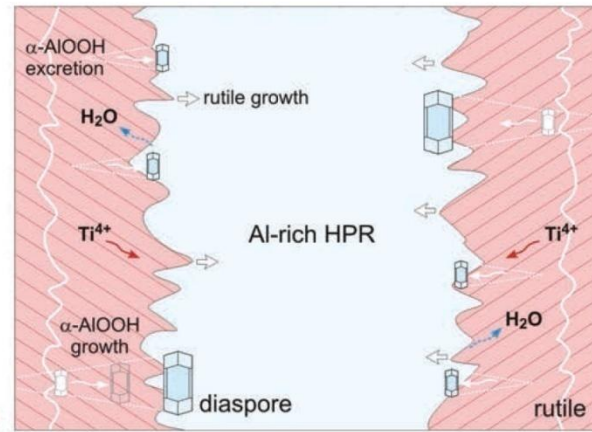
Keywords: Rutile, alumina, dehydration, exsolution, mobility, epitaxy, twinning



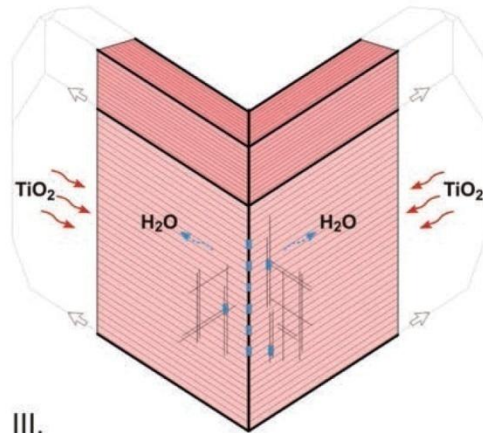
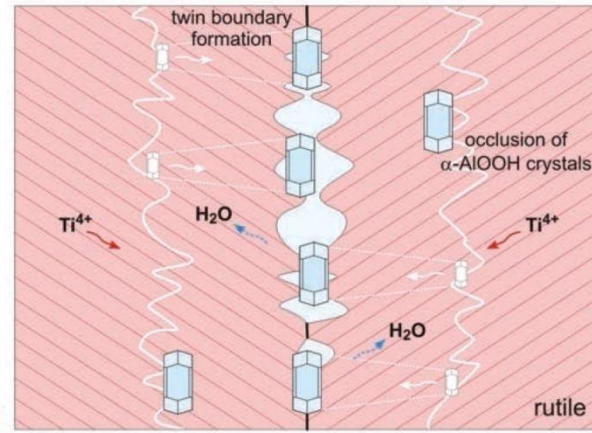




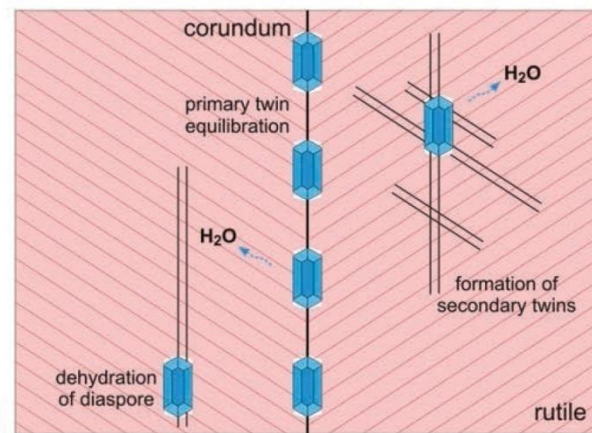
I.



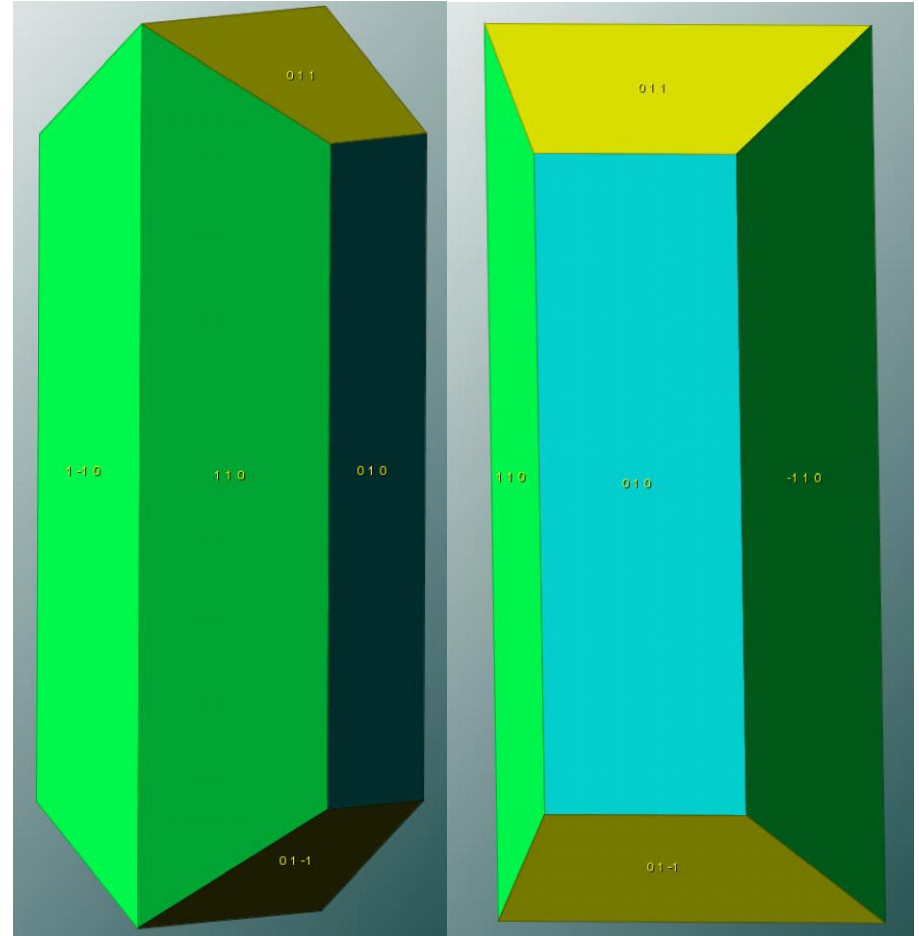
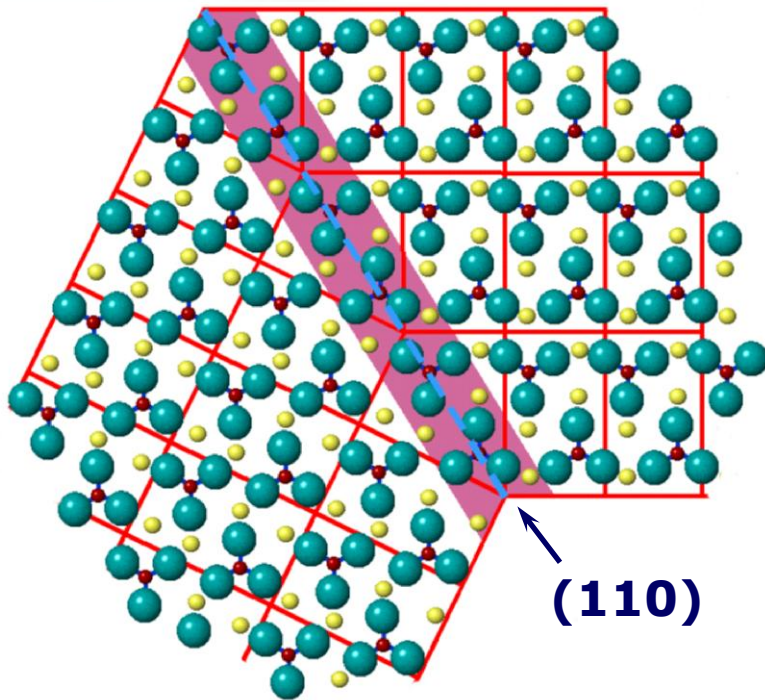
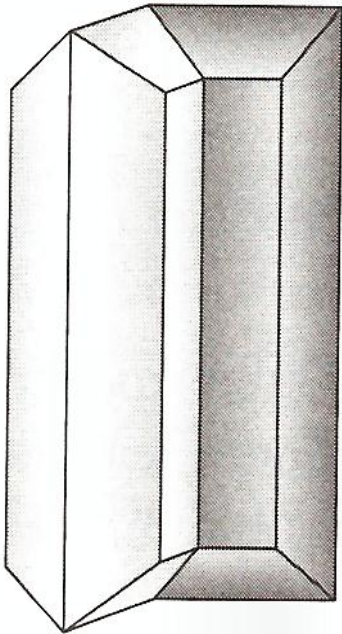
II.



III.

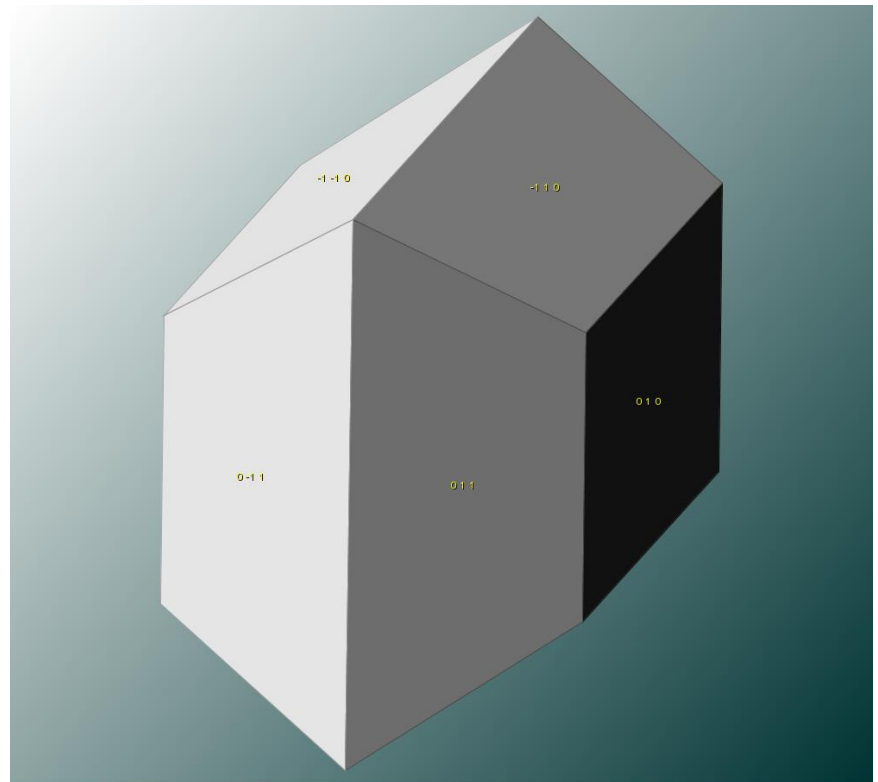


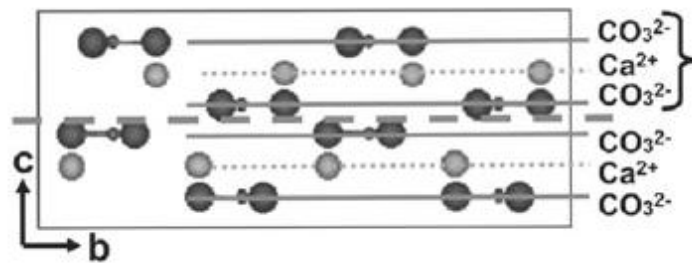
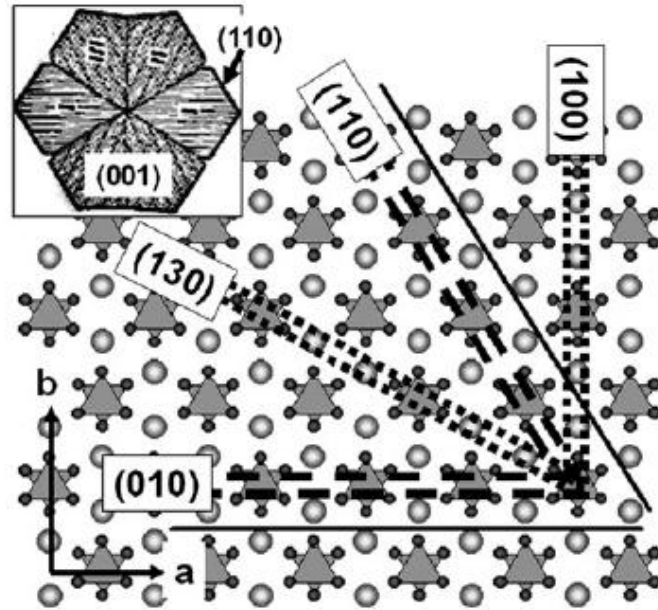
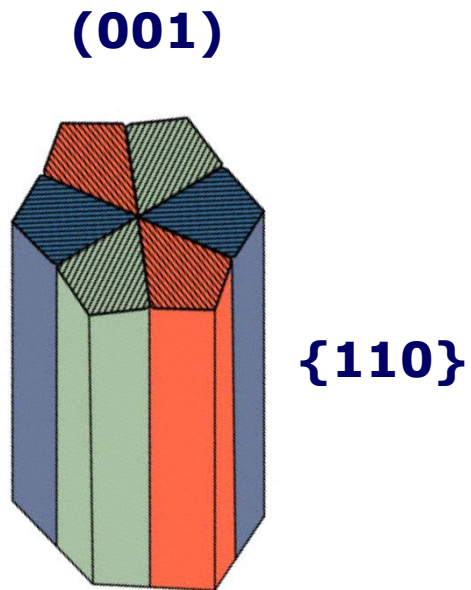
Διδυμία **ΑΡΑΓΟΝΙΤΗ** (CaCO_3) Ρομβικό (hk0)



Τρίδυμος ΑΡΑΓΟΝΙΤΗ (ψευδοεξαγωνικός)

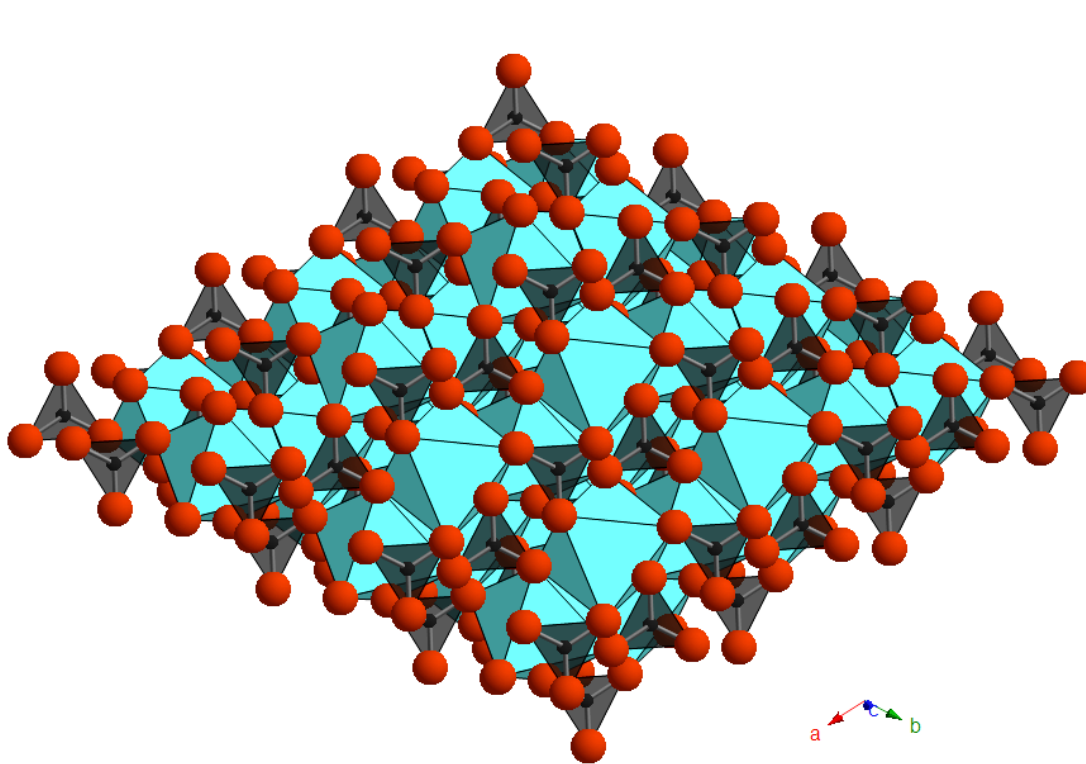
(0kl)



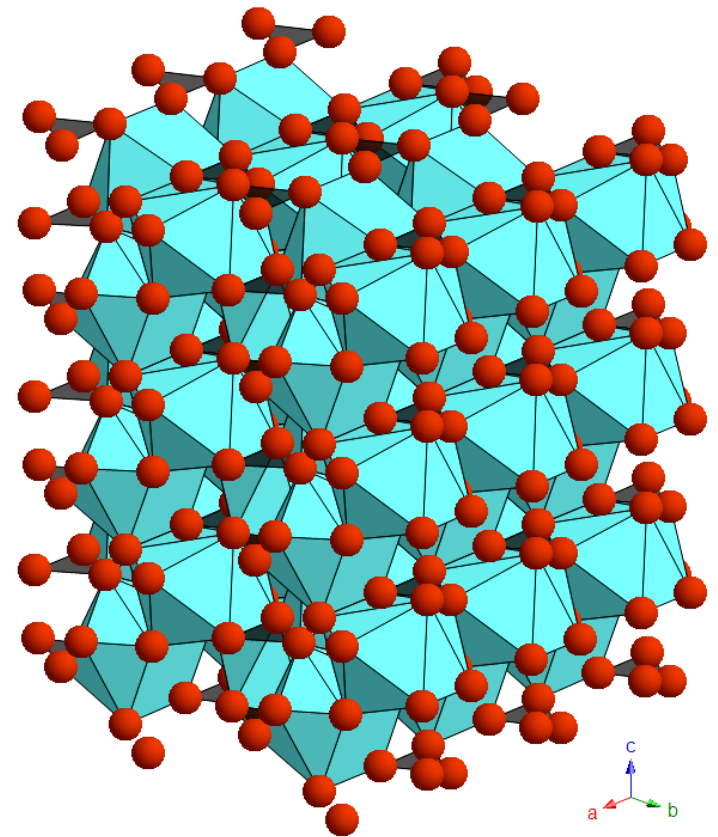


ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΣ (Polymorphism)

ΚΥΡΙΑ ΠΟΛΥΜΟΡΦΑ ΤΟΥ CaCO_3



ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ (CaCO_3)

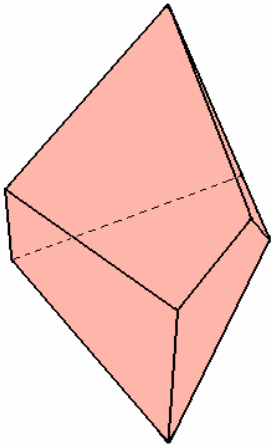


ΑΡΑΓΟΝΙΤΗΣ (CaCO_3)

**ΣΥΜΦΥΣΕΙΣ-ΔΙΔΥΜΙΕΣ-ΠΟΛΥΔΥΜΙΕΣ
ΕΞΑΓΩΝΙΚΟΥ, ΤΡΙΓΩΝΙΚΟΥ**

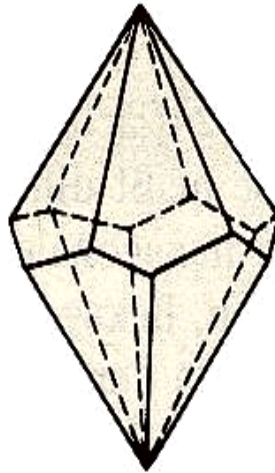
ΧΑΛΑΖΙΑΣ (SiO₂)

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



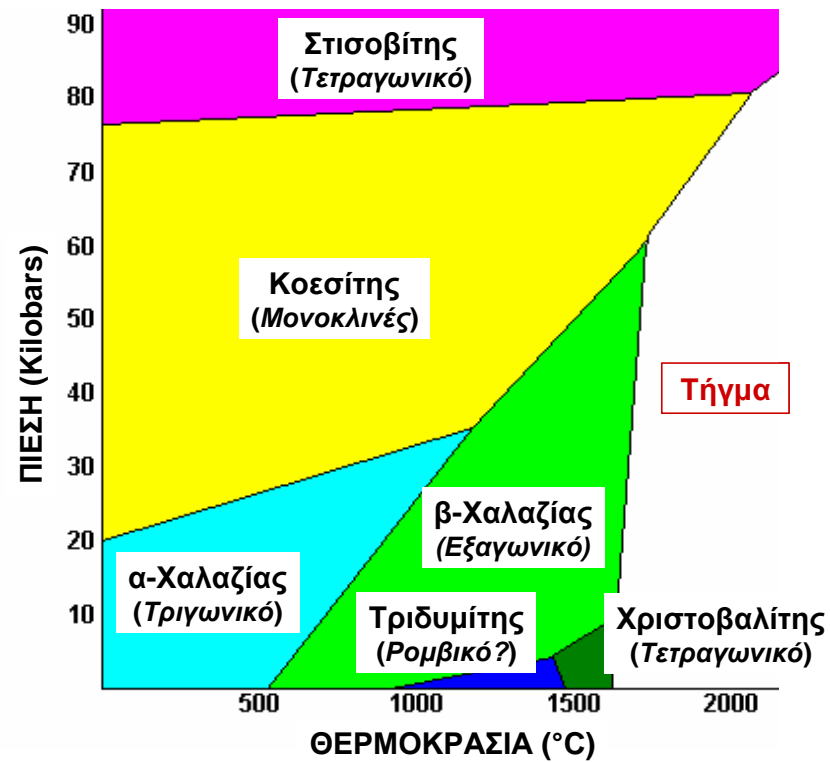
Τριγωνικό
 Τραπεζόεδρο
L³ 3L² πολ.

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

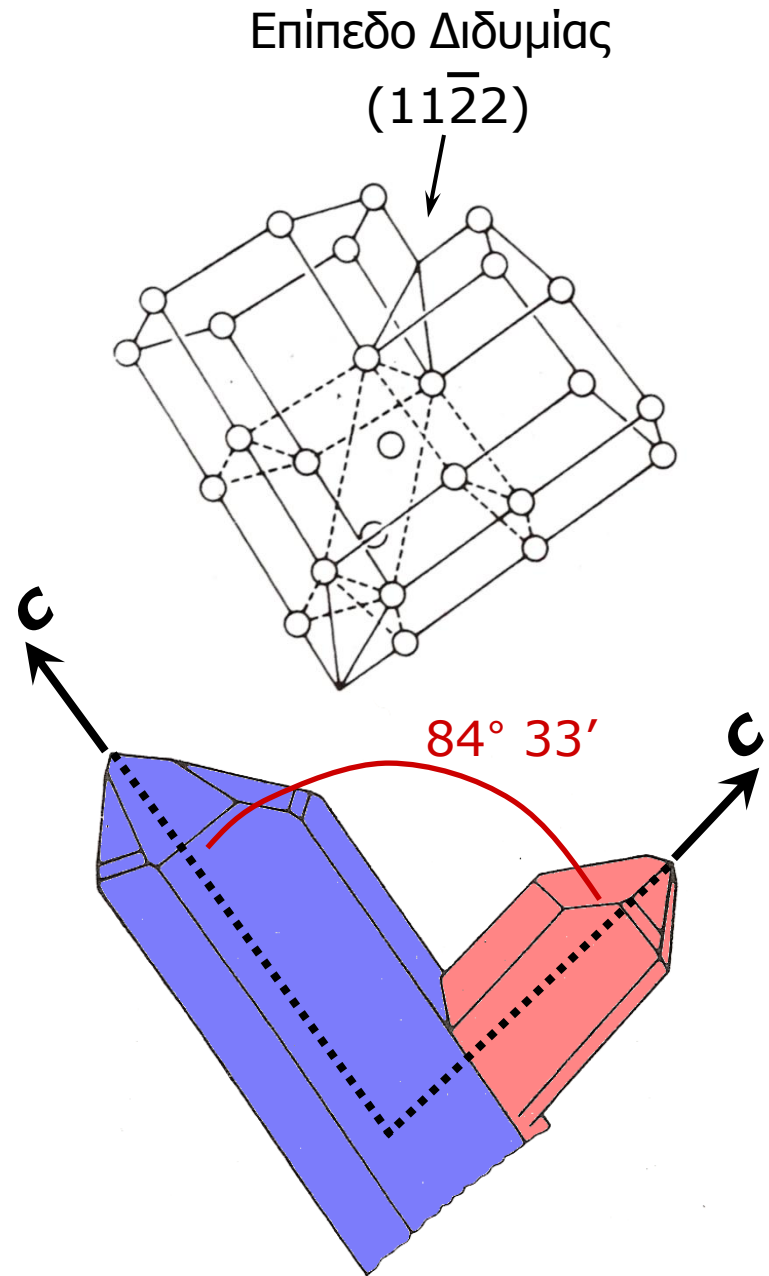


Εξαγωνικό
 Τραπεζόεδρο
L⁶ 3L² 3L^{'2}

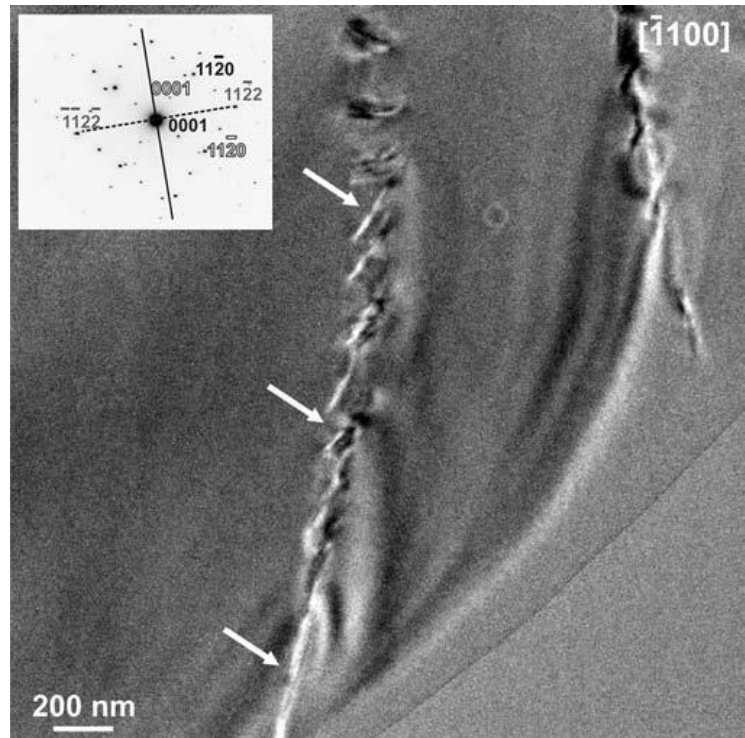
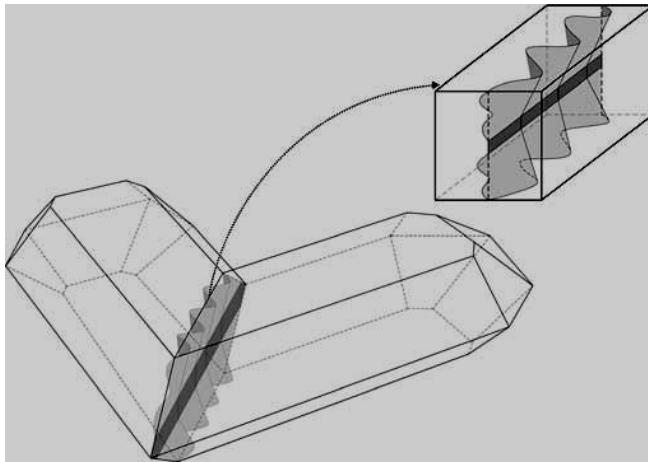
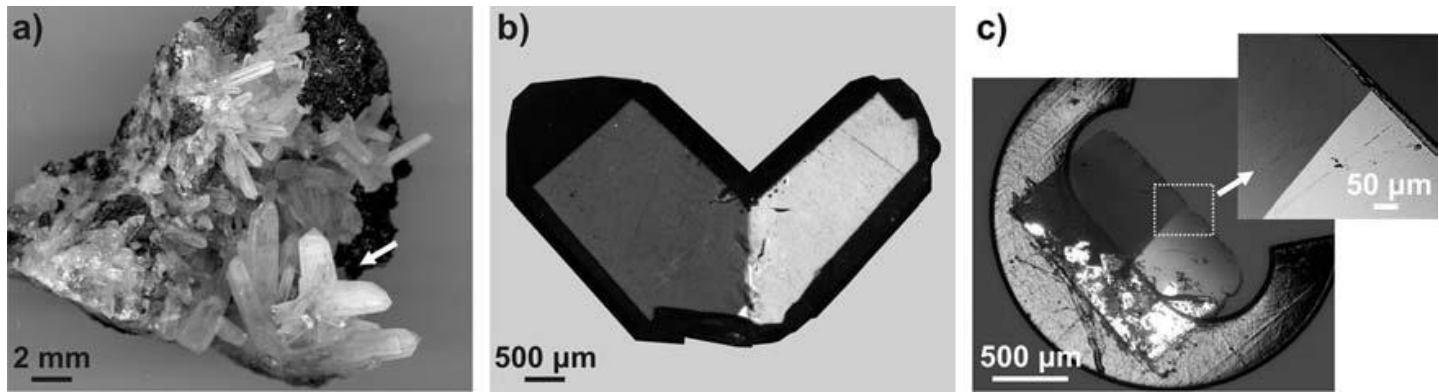
ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ SiO₂



Διδυμία Japan



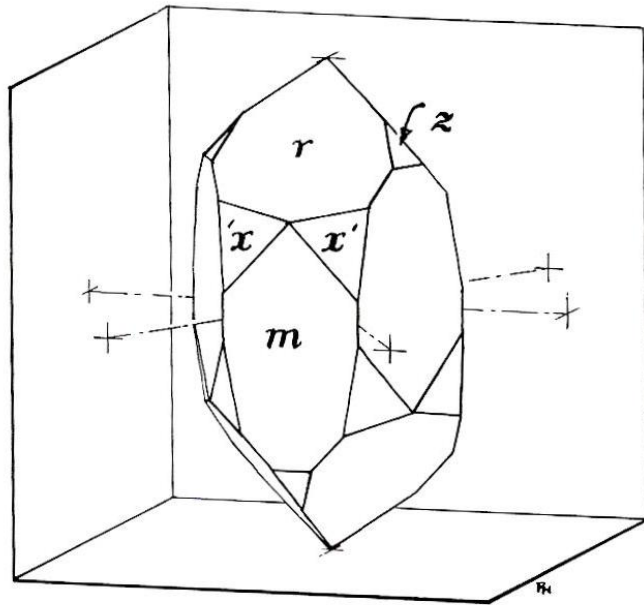
TEM



Lenart et al. Eur.J.Mineral.2012

Διδυμία Brazil

Επίπεδο Διδυμίας
 $\{11\bar{2}0\}$



D+L

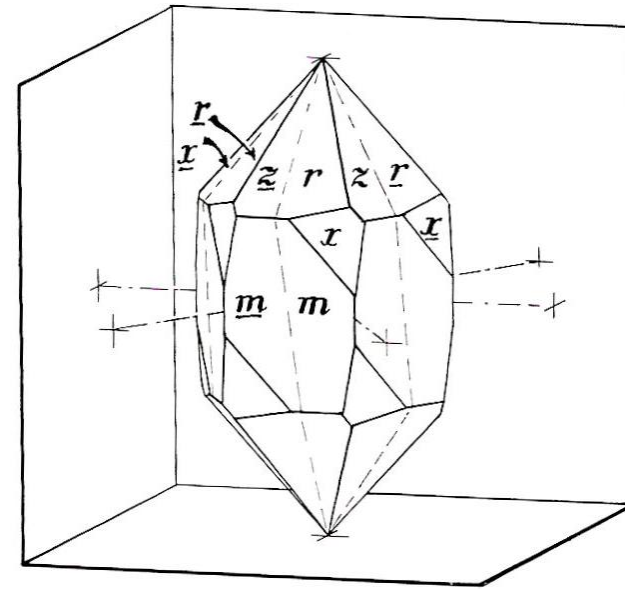
$m\{10\bar{1}0\}$ $r\{10\bar{1}1\}$

$z\{01\bar{1}1\}$ $s\{2\bar{1}\bar{1}1\}$

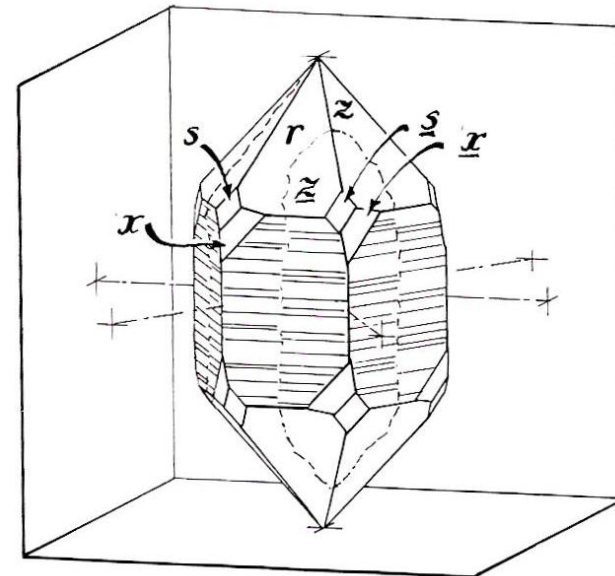
$x'\{51\bar{6}1\}$ $x\{6\bar{1}\bar{5}1\}$

\underline{x} , \underline{z} , \underline{m} : Θέσεις Διδυμίας

Διδυμία Dauphiné



D+D

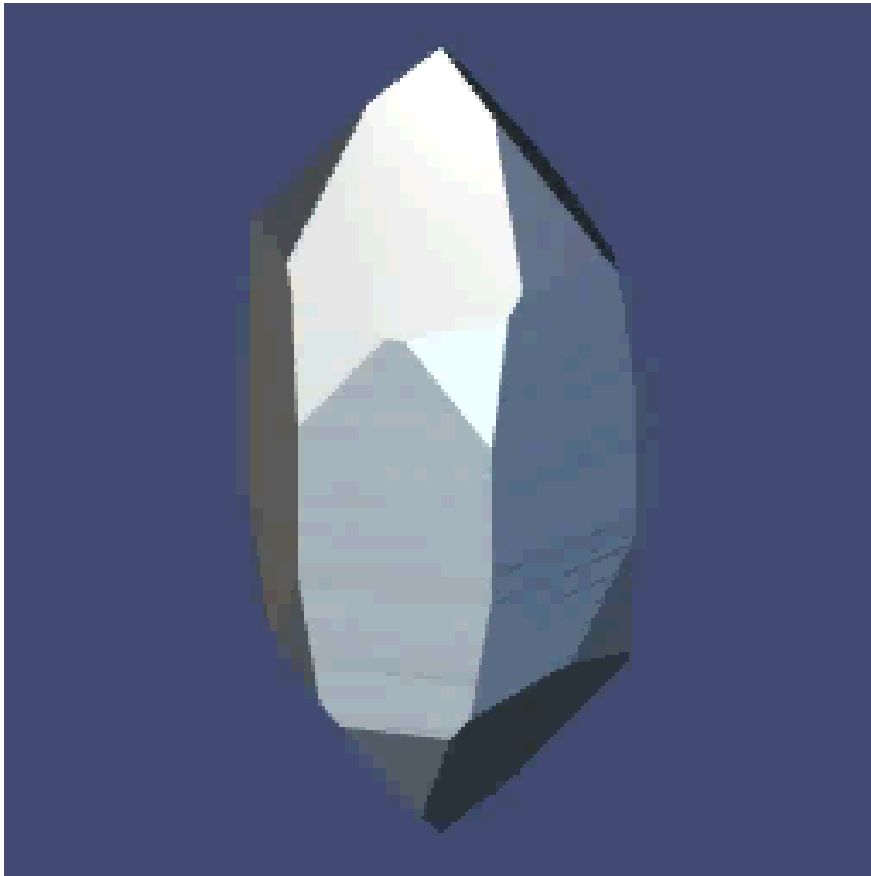


L+L

ΧΑΛΑΖΙΑΣ (SiO_2)

Συμπληρωματικοί Δίδυμοι

Δίδυμία Brazil

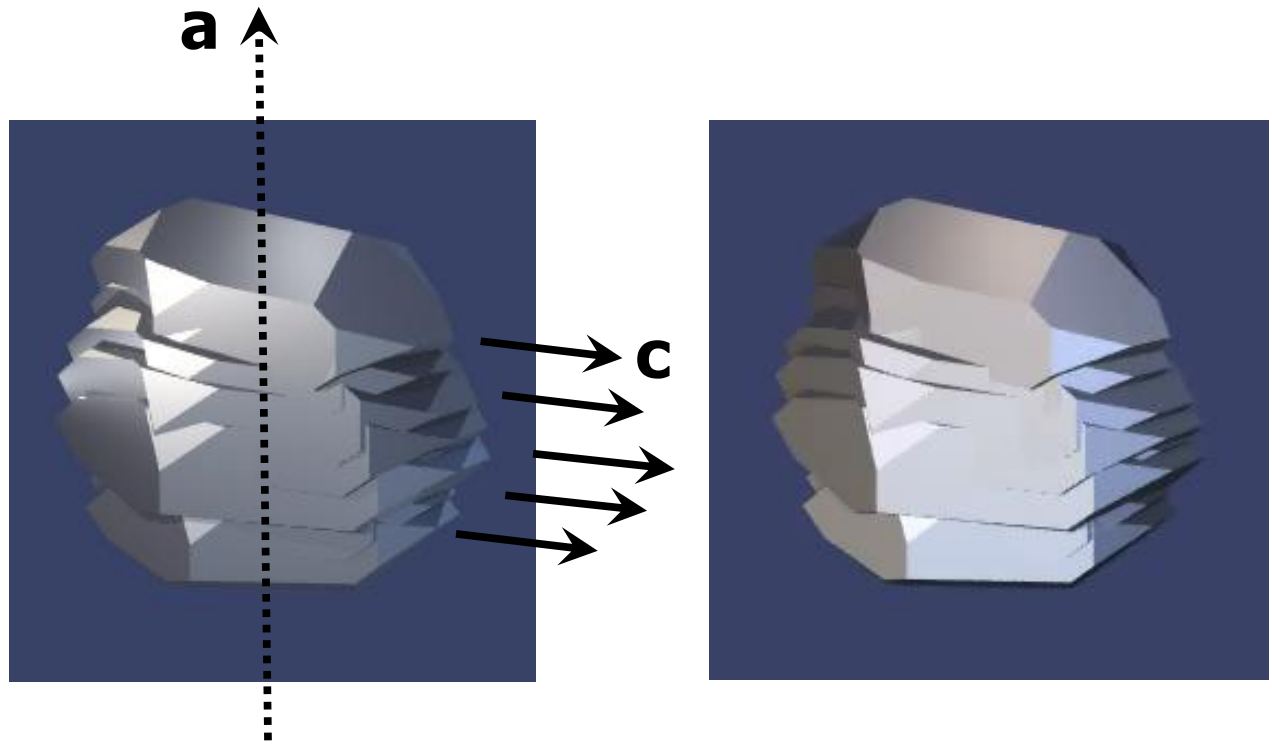


Δίδυμία Dauphiné

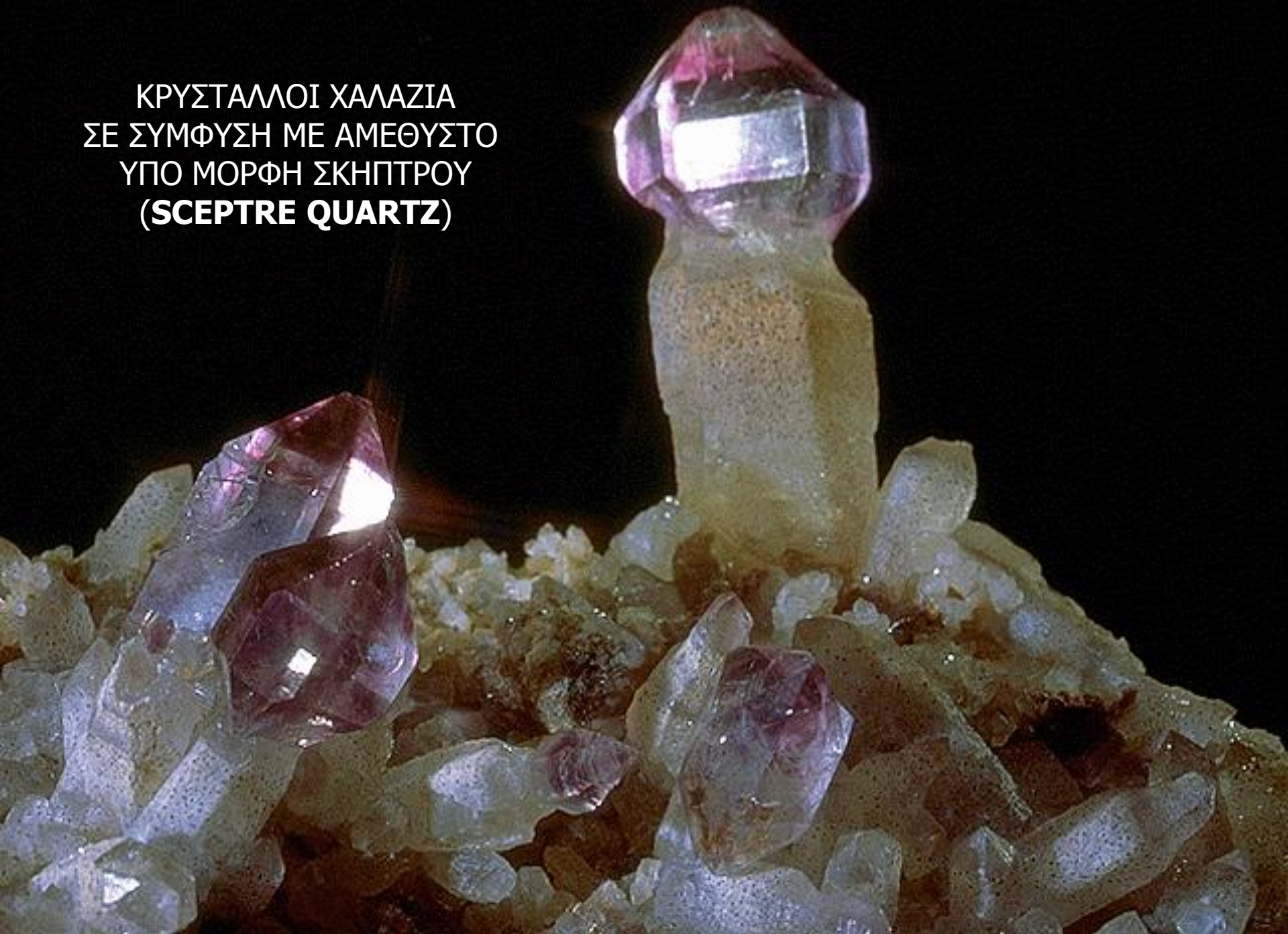


ΧΑΛΑΖΙΑΣ (SiO₂)

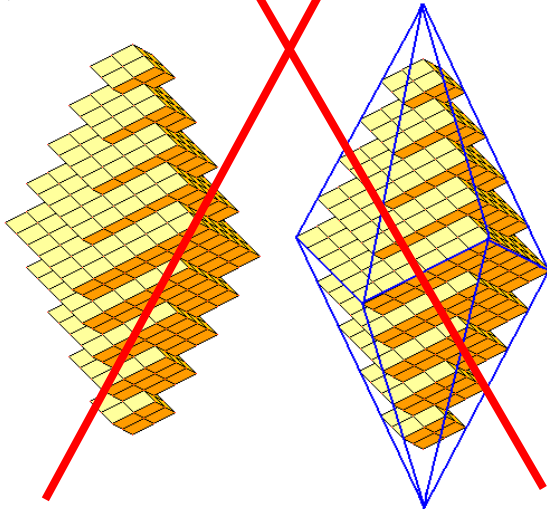
Πολυδυμία Gwindel



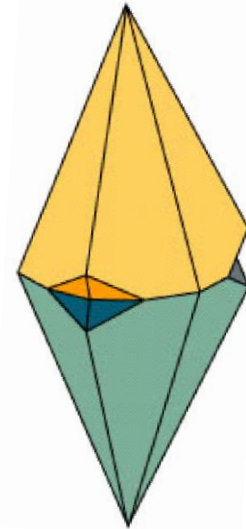
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ ΧΑΛΑΖΙΑ
ΣΕ ΣΥΜΦΥΣΗ ΜΕ ΑΜΕΘΥΣΤΟ
ΥΠΟ ΜΟΡΦΗ ΣΚΗΠΤΡΟΥ
(**SCEPTRE QUARTZ**)



Διδυμίες ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ (CaCO_3) Τριγωνικό



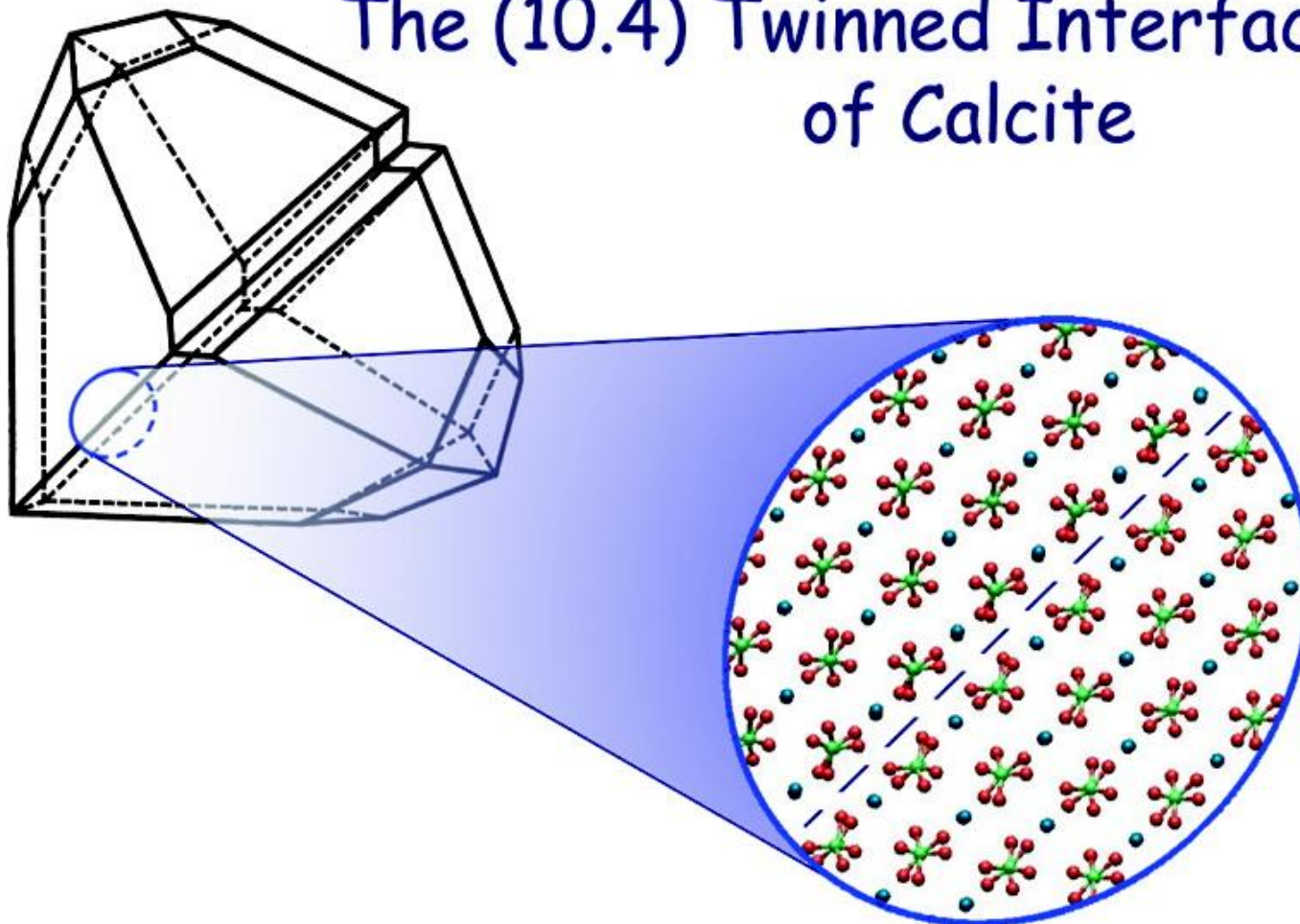
**ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΔΙΔΥΜΙΑ
(Σκαληνόεδρο)**



ΔΙΔΥΜΙΕΣ



The (10.4) Twinned Interface of Calcite



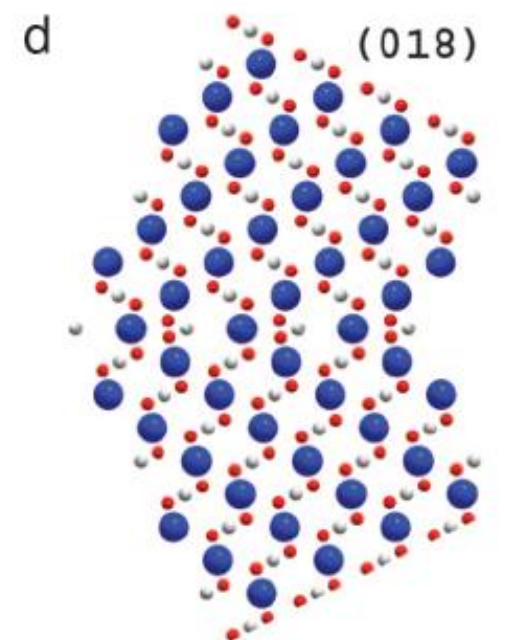
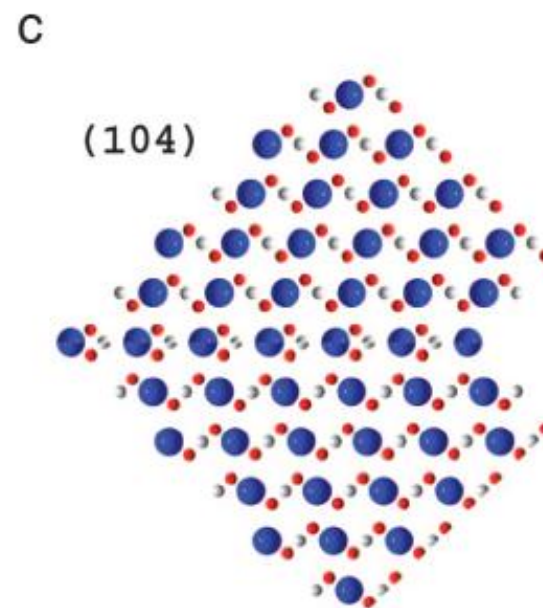
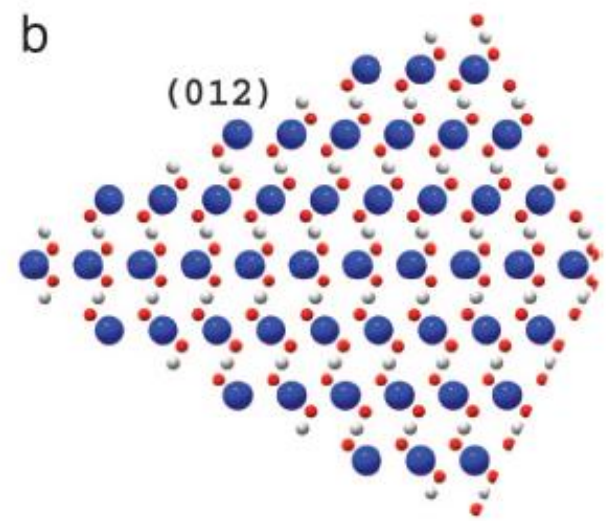
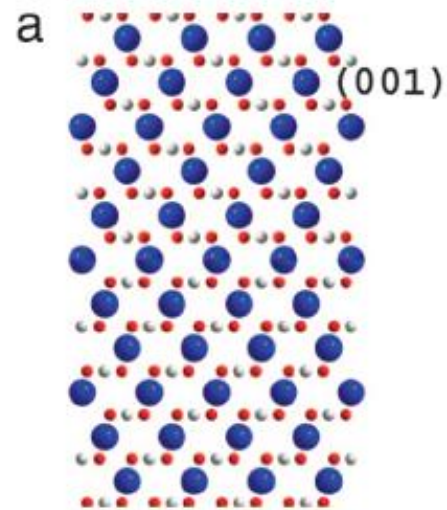
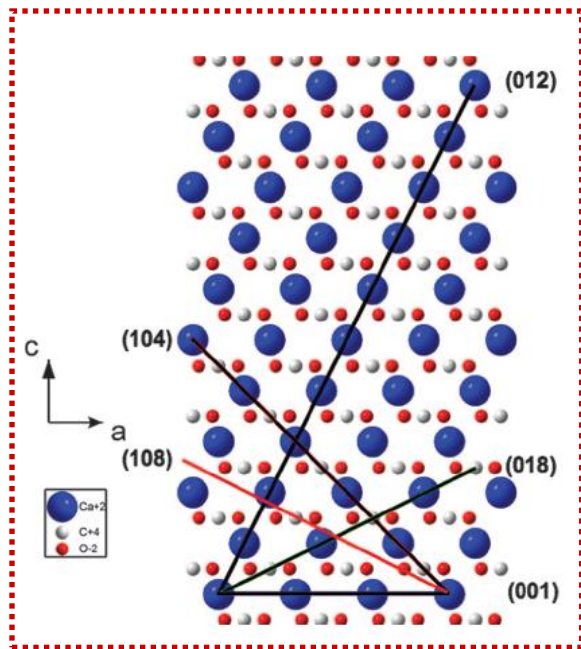
Published in: Marco Bruno; Francesco Roberto Massaro; Marco Rubbo; Mauro Prencipe; Dino Aquilano;

Crystal Growth & Design Article ASAP

DOI: 10.1021/cg100233p

Copyright © 2010 American Chemical Society

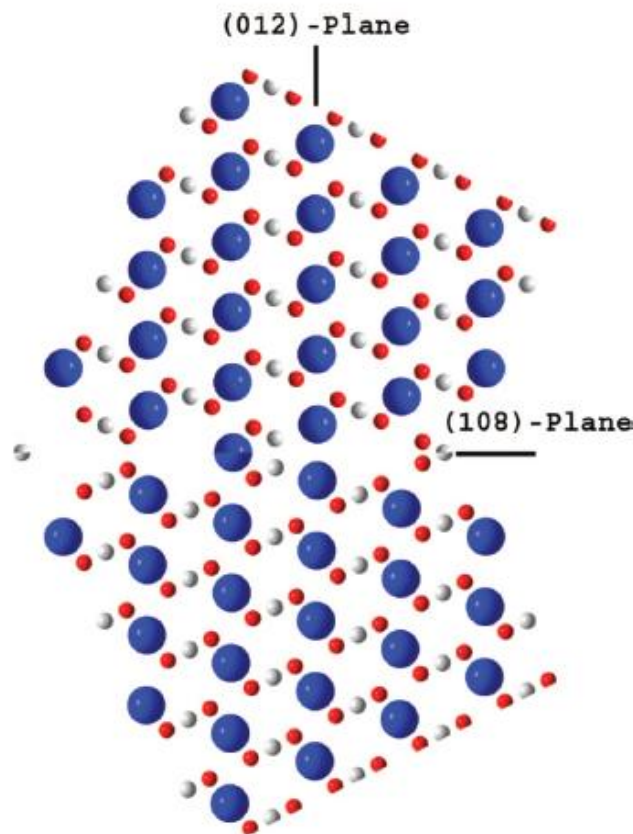
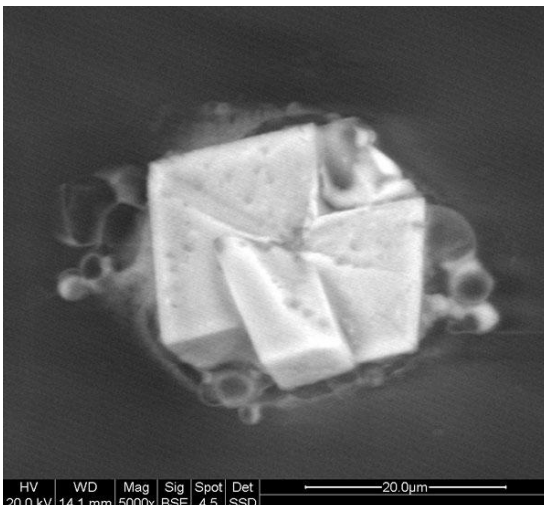
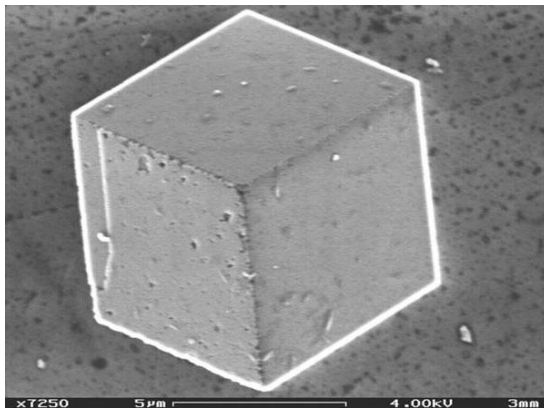
Διδυμίες ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ



Διδυμία ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ κατά (108)

ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ

(Caspartin, 17k-Da ενδοκρυσταλλική πρωτεΐνη από το κέλυφος του *Pinna nobilis*)



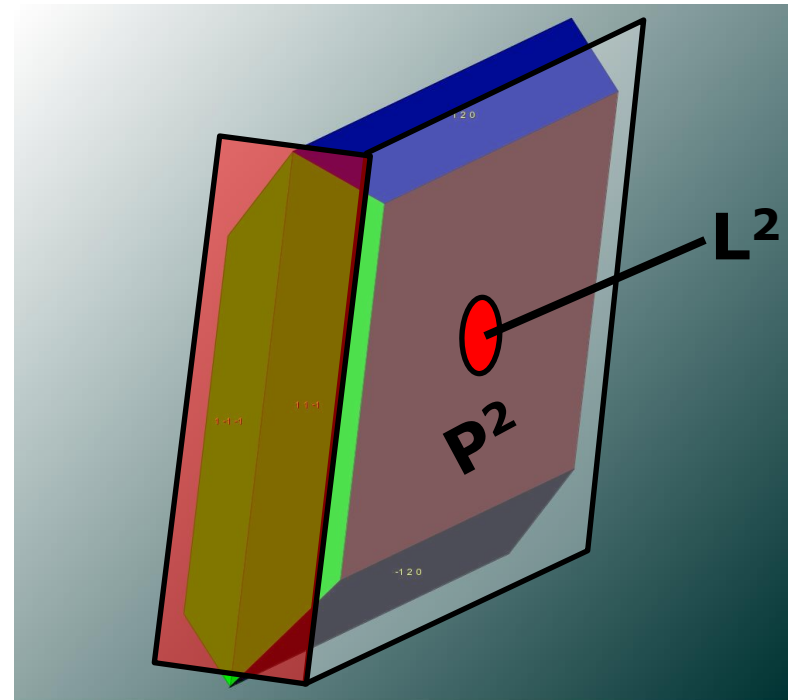
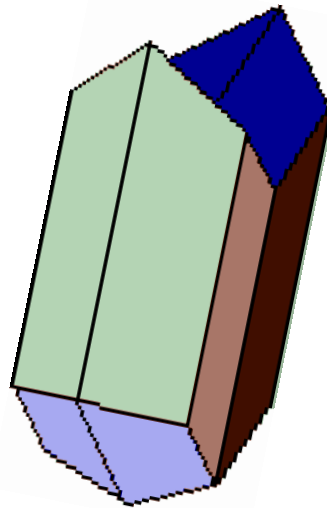
ΣΥΜΦΥΣΕΙΣ-ΔΙΔΥΜΙΕΣ-ΠΟΛΥΔΥΜΙΕΣ

ΜΟΝΟΚΛΙΝΟΥΣ, ΤΡΙΚΛΙΝΟΥΣ

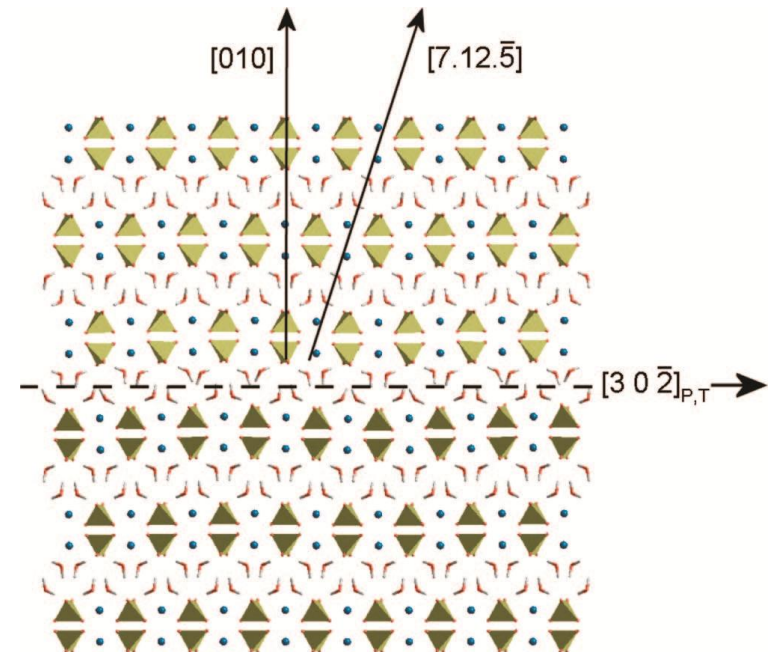
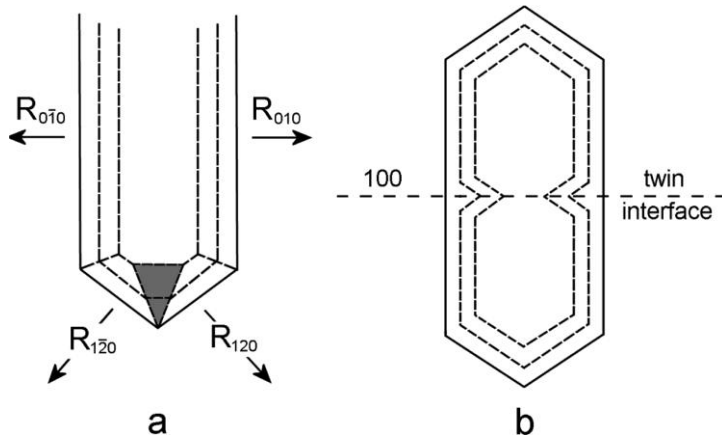
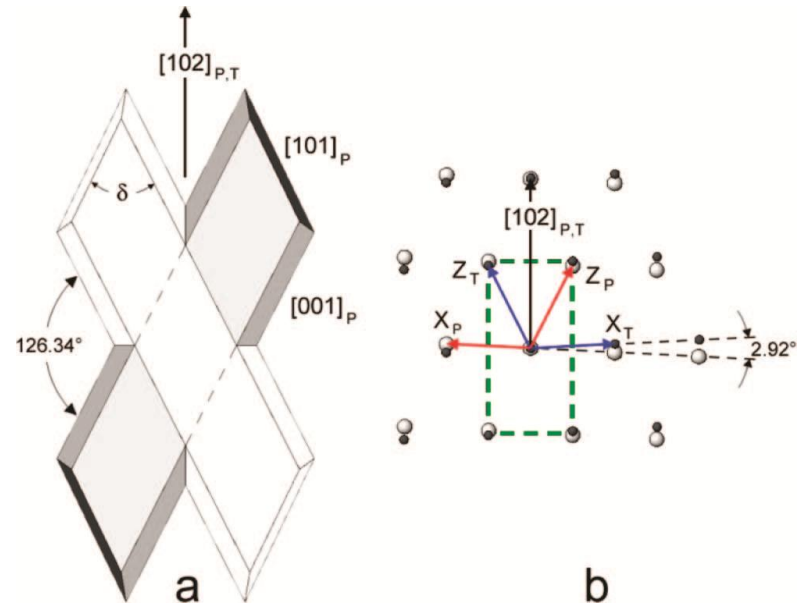
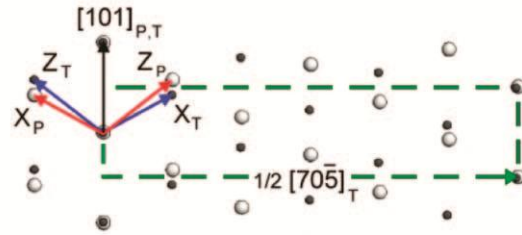
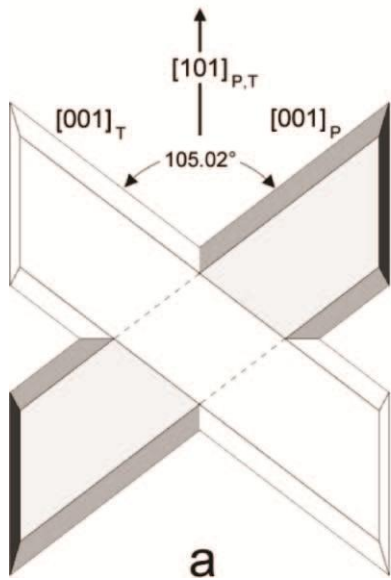
Το επίπεδο διδυμίας δεν μπορεί να ταυτισθεί με το \mathbf{P}^2 και ο άξονας δεν μπορεί να ταυτισθεί με τον υπάρχοντα άξονα συμμετρίας \mathbf{L}^2 και επομένως και με τον κρυσταλλογραφικό άξονα \mathbf{b}
($\mathbf{L}^2 = \mathbf{b}$)



(100)



Διδυμία **ΓΥΨΟΥ** ($\mathbf{CaSO}_4 \cdot 2\mathbf{H}_2\mathbf{O}$) Μονοκλινές



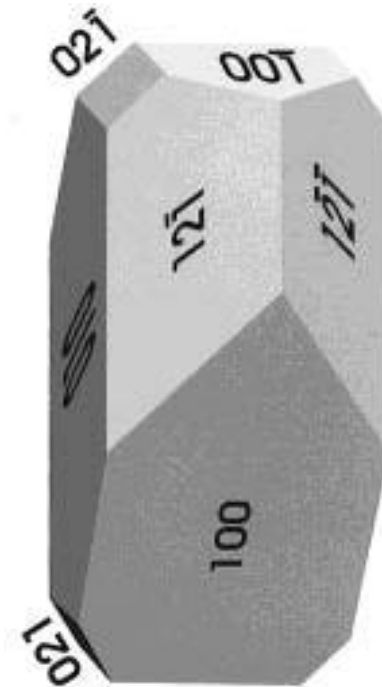
Διδυμία **ΓΟΥΕΓΟΥΕΛΙΤΗ** ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

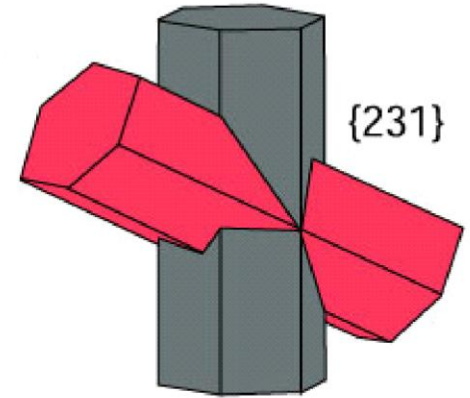
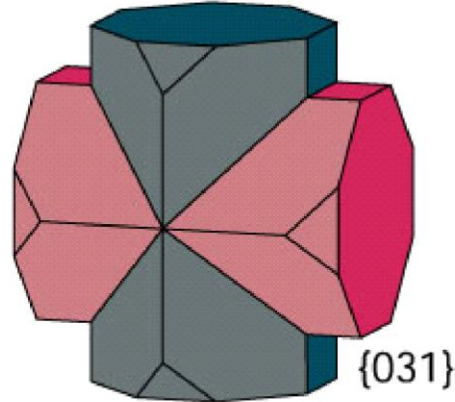
WHEWELLITE: Calcium Oxalate Monohydrate (COM)

(100)



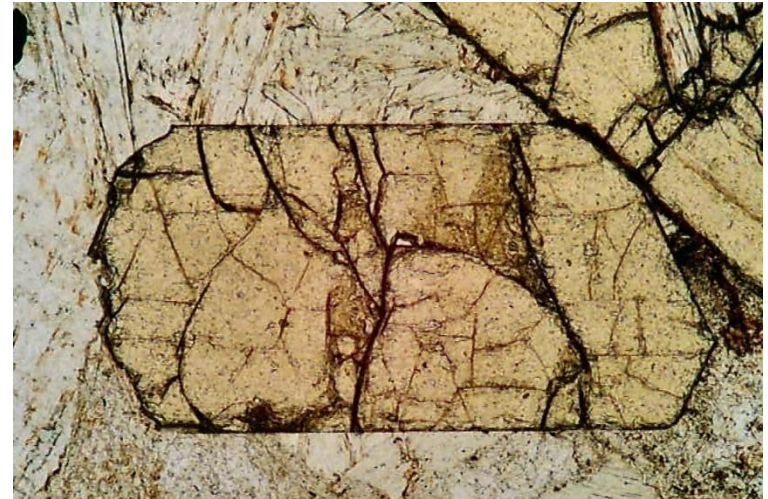
Μονοκλινές





Διδυμία **ΣΤΑΥΡΟΛΙΘΟΥ**

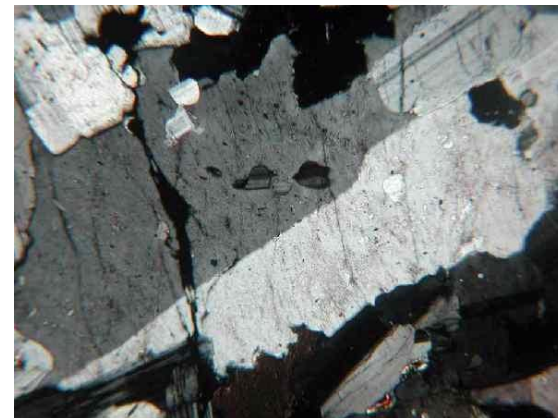
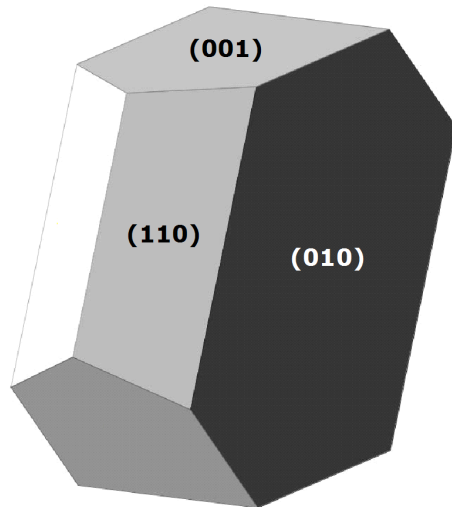
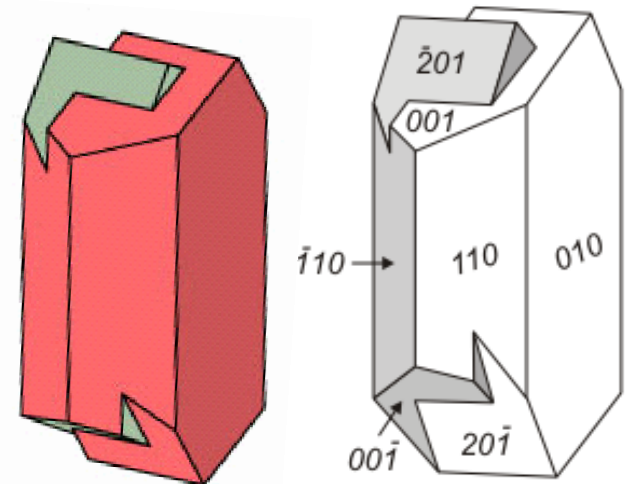
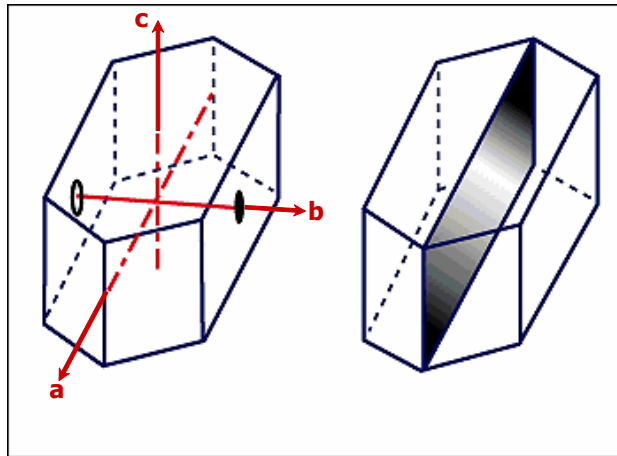
*Μονοκλινές
(ψευδο-Ρομβικό)*

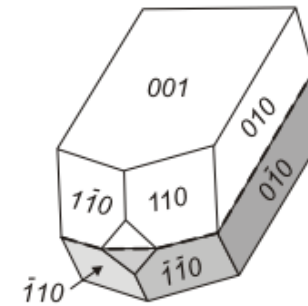


ΔΙΔΥΜΙΕΣ ΑΣΤΡΙΩΝ

Carlsbad

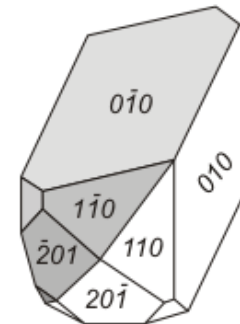
Άξονας διδυμίας [001]
(κρυσταλλογραφικός άξονας c)





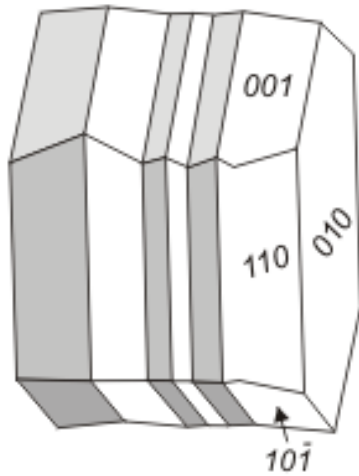
Manebach

Επίπεδο διδυμίας (001)
 Άξονας διδυμίας \perp (001)



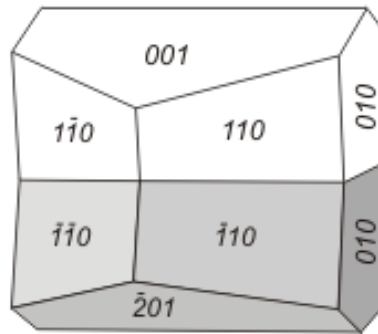
Baveno

Επίπεδο διδυμίας (021)
 Άξονας διδυμίας \perp (021)



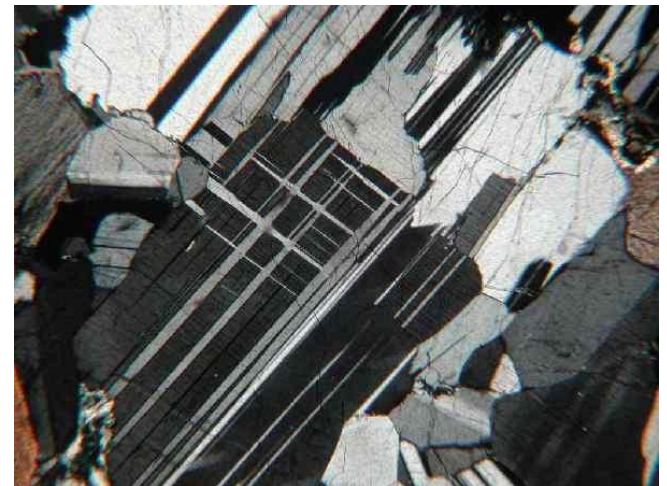
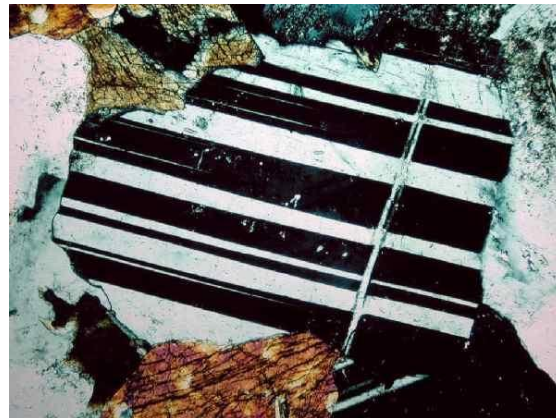
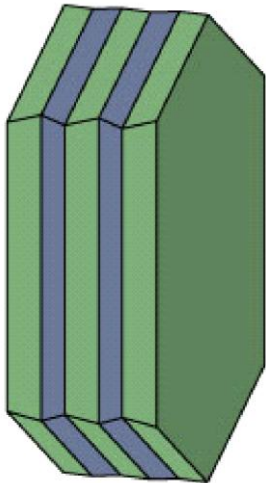
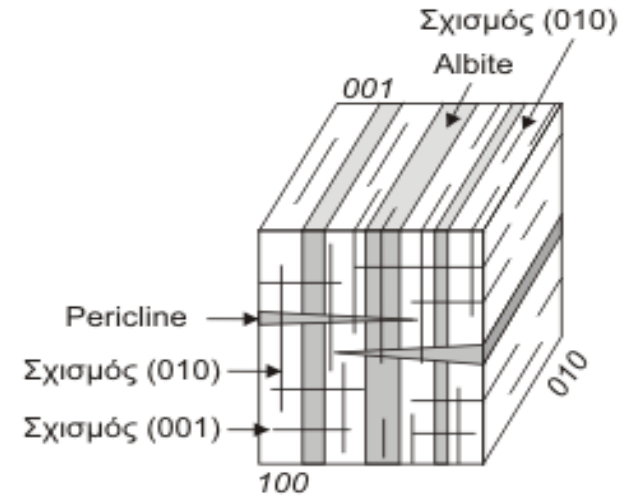
Albite

Επίπεδο διδυμίας (010)
 Άξονας διδυμίας c (010)

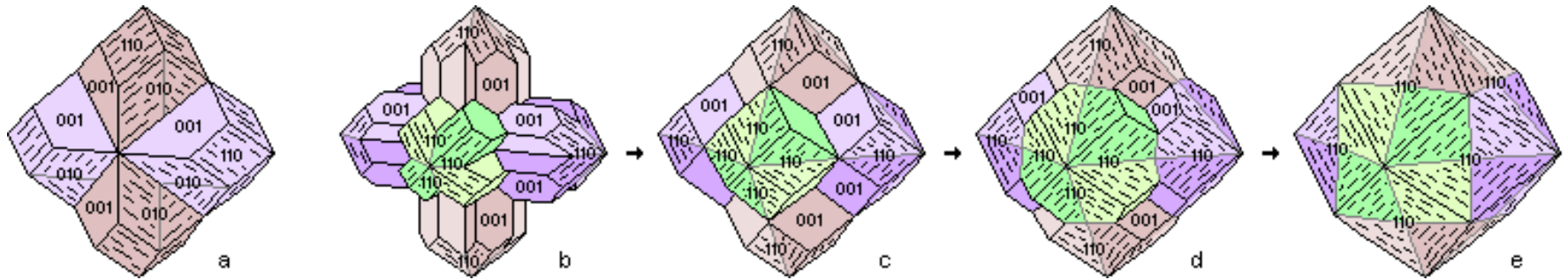


Pericline

Επίπεδο διδυμίας (h0l)
 Άξονας διδυμίας c [010]

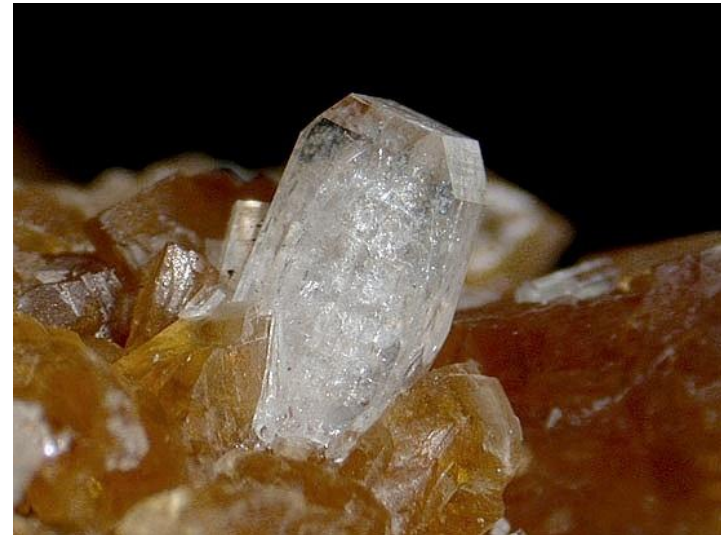
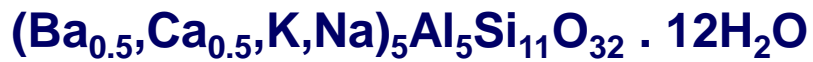


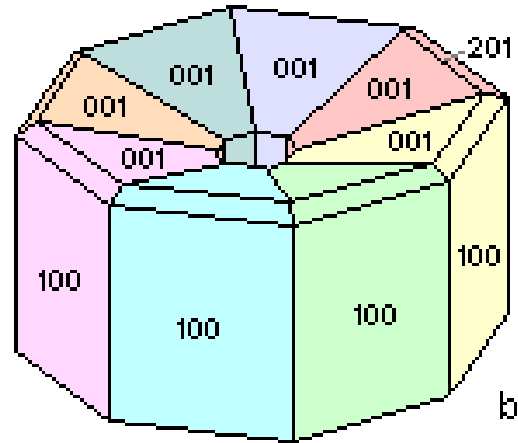
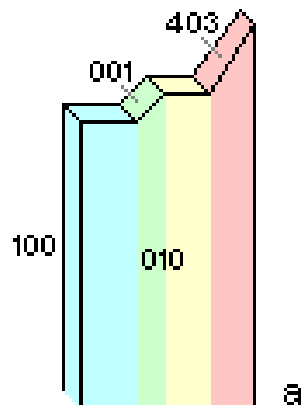
ΜΙΜΗΤΙΚΟΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ



ΖΕΟΛΙΘΟΙ

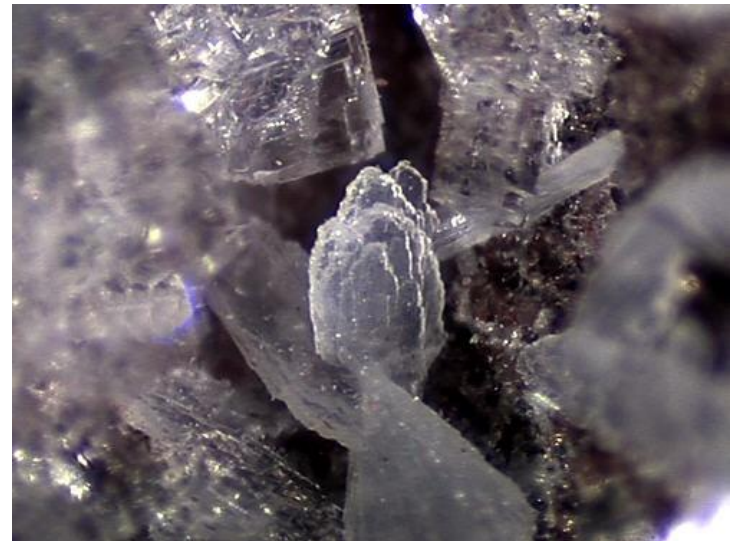
ΑΡΜΟΤΟΜΟ (Μονοκλινές)



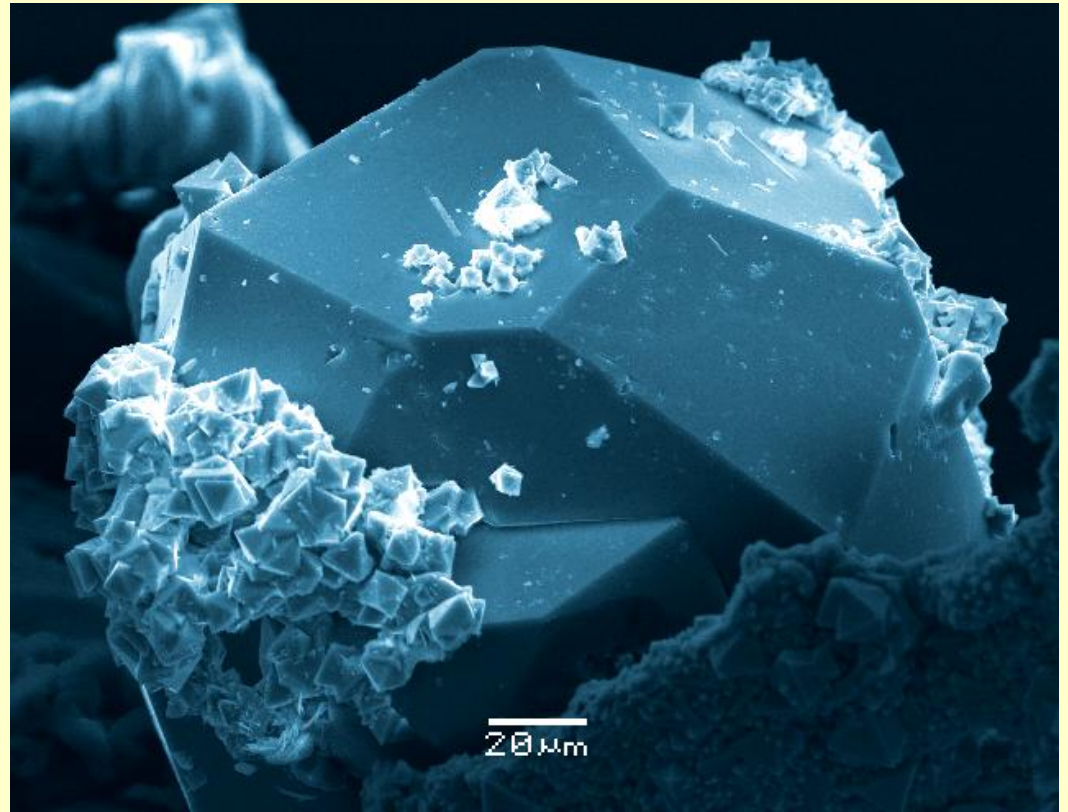


ΖΕΟΛΙΘΟΙ

ΝΤΑΧΙΑΡΝΤΙΤΗΣ (*Μονοκλινές*)



ΣΥΜΦΥΣΕΙΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ



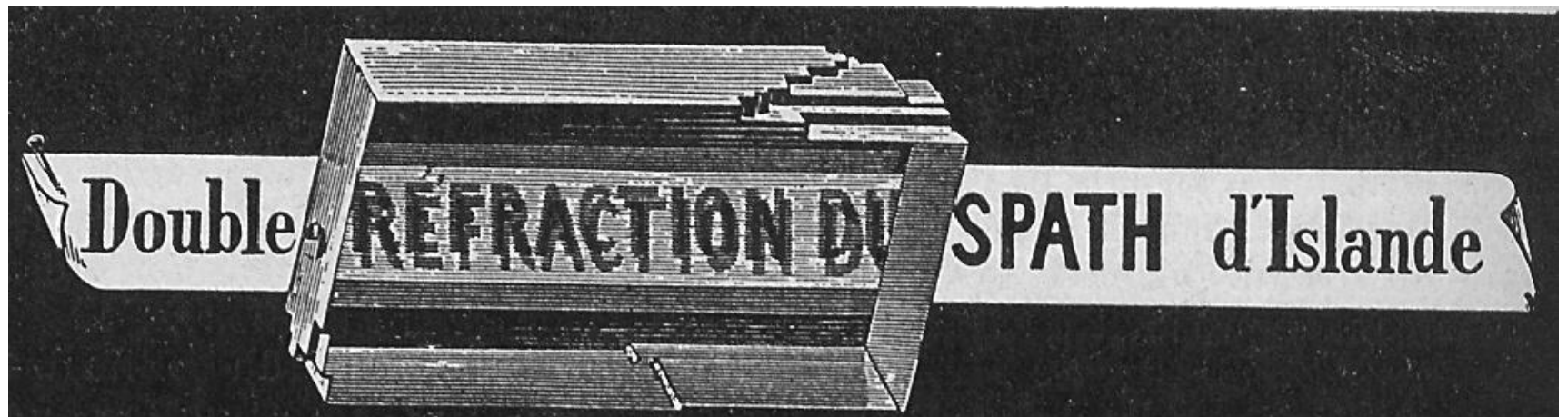
**ΖΕΟΛΙΘΟΣ/
ΣΤΙΛΒΙΤΗΣ:
 $\text{NaCa}_2\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
(Μονοκλινές)**

**ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ
("ICELAND SPAR"):
 CaCO_3 (Τριγωνικό)**

**Calcit, Stilbit
Eskifjord/Island**

 **m** museum für naturkunde





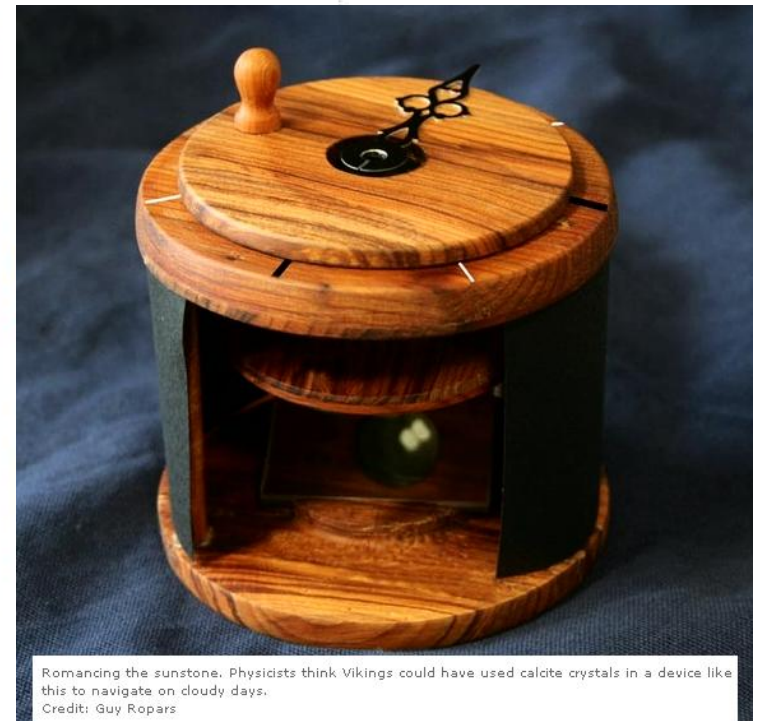
Science News

Magical Viking stone may be real

A Viking legend which tells of a glowing "sunstone" that, when held up to the sky, disclosed the position of the Sun on a cloudy day may have some basis in truth, scientists believe.

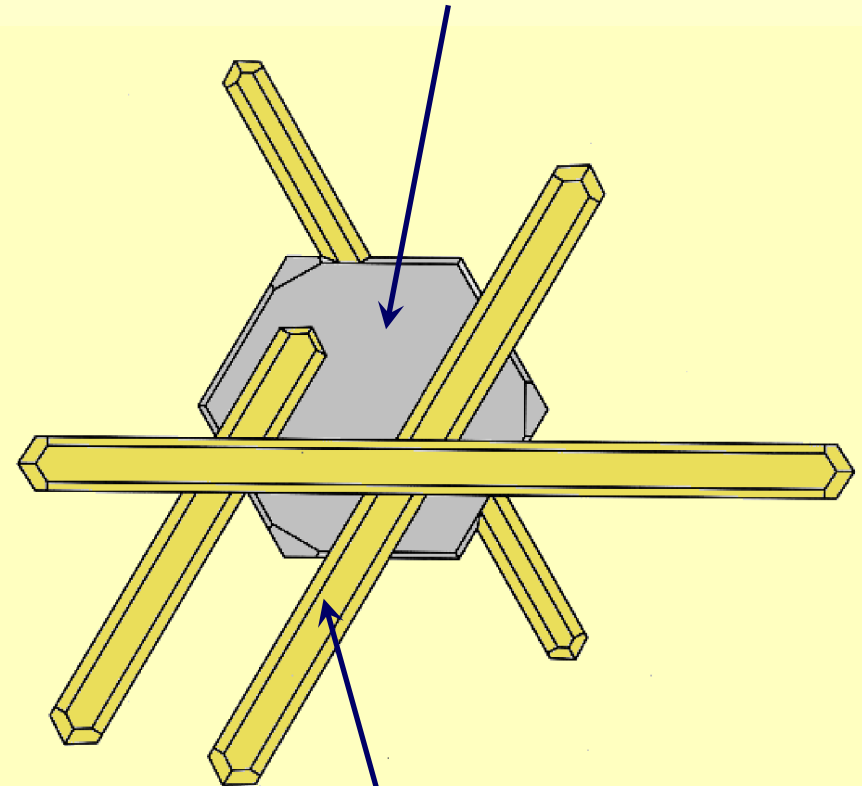


Iceland spar is a transparent form of calcite, with unusual light-polarizing properties. Photo: ALAMY

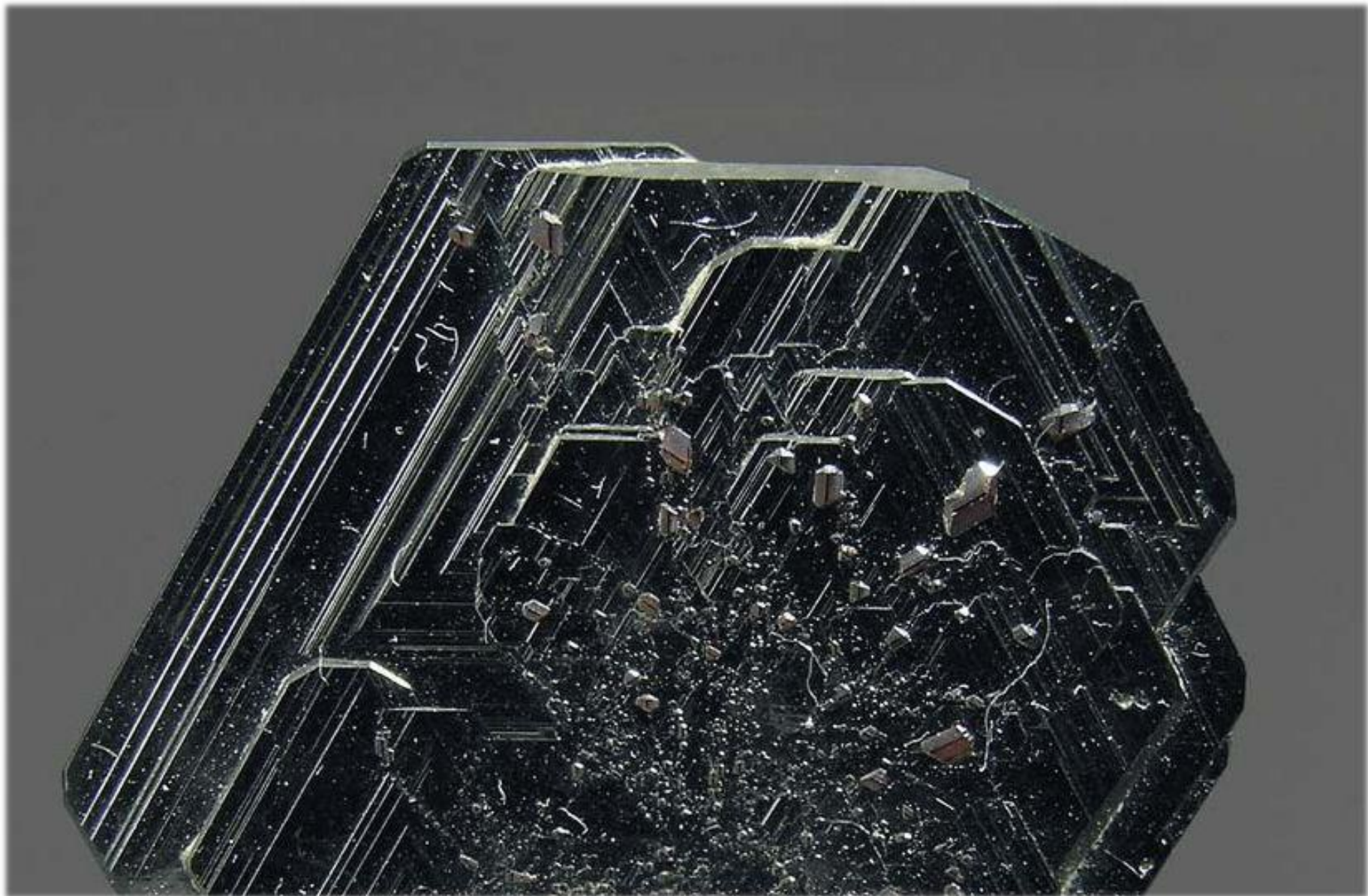


Romancing the sunstone. Physicists think Vikings could have used calcite crystals in a device like this to navigate on cloudy days. Credit: Guy Ropars

ΑΙΜΑΤΙΤΗΣ: Fe_2O_3
(Τριγωνικό)

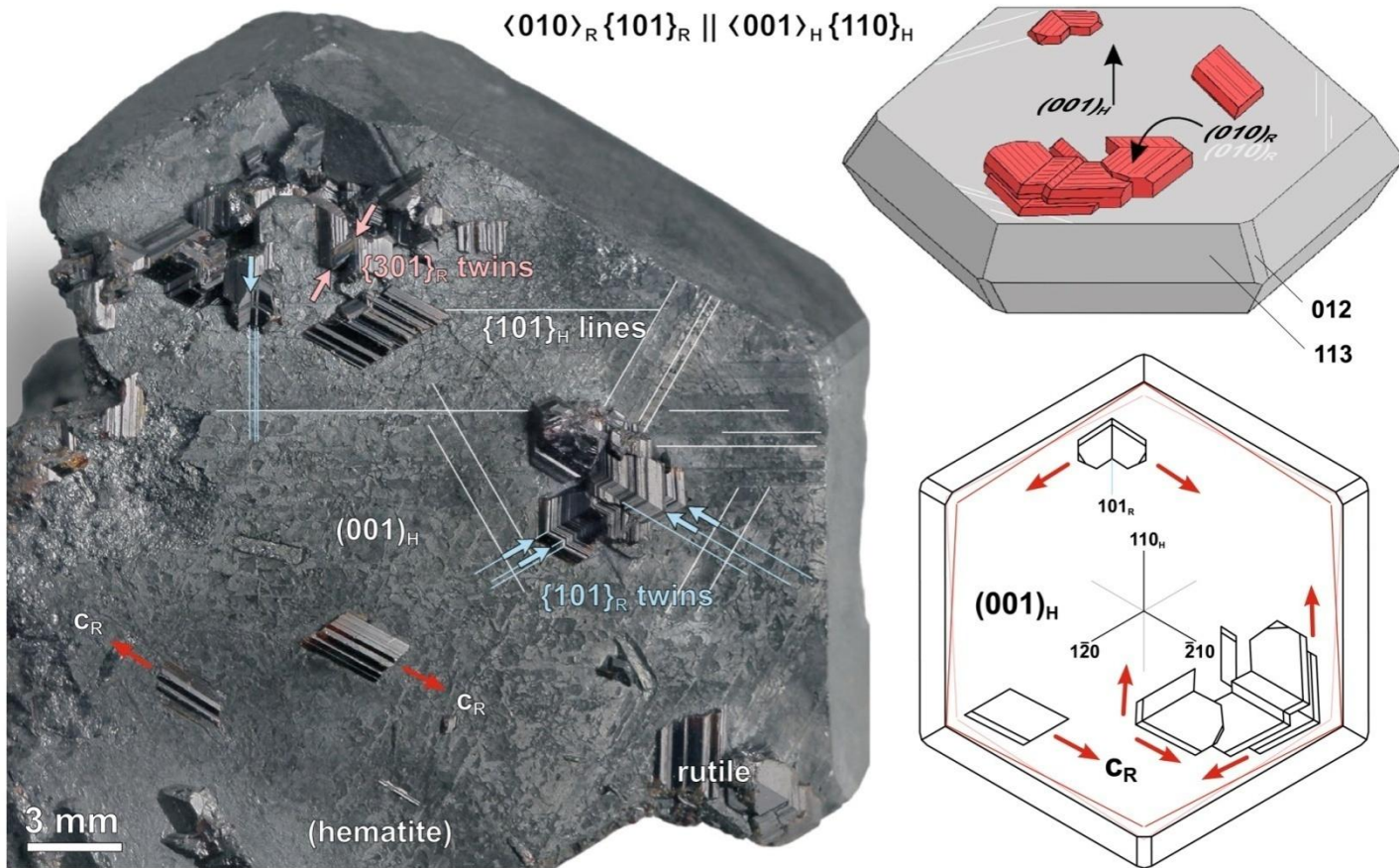


ΡΟΥΤΙΛΙΟ: TiO_2
(Τετραγωνικό)

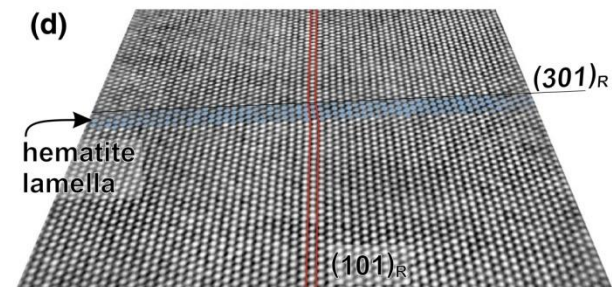
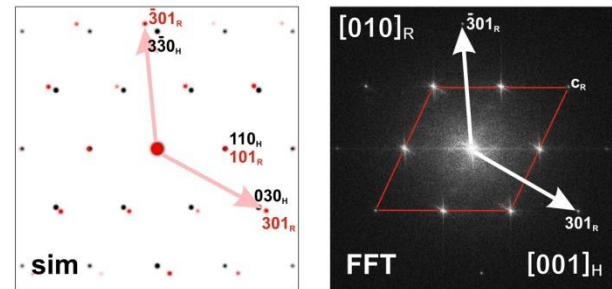
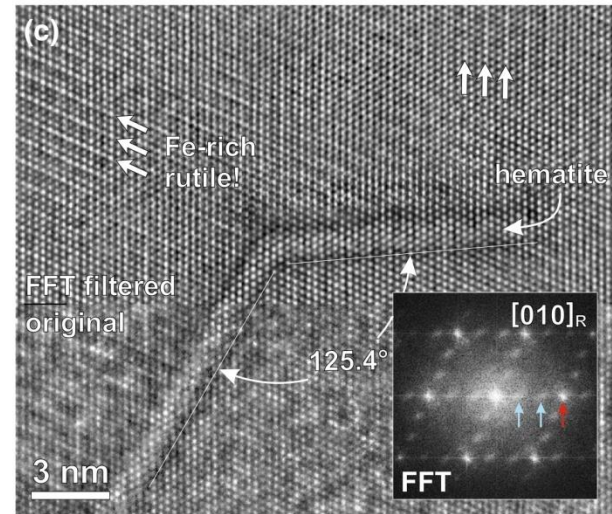
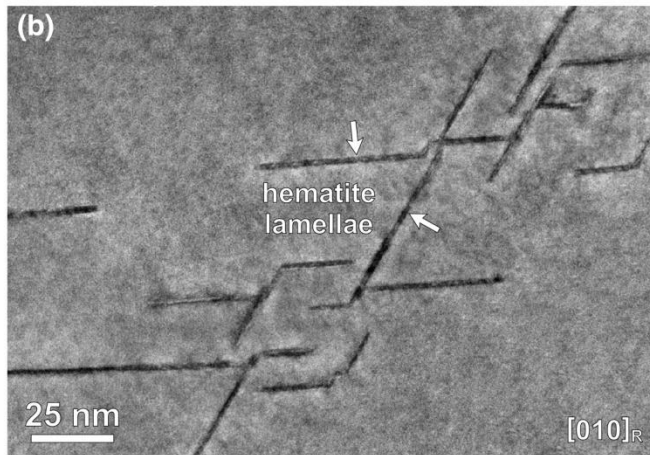
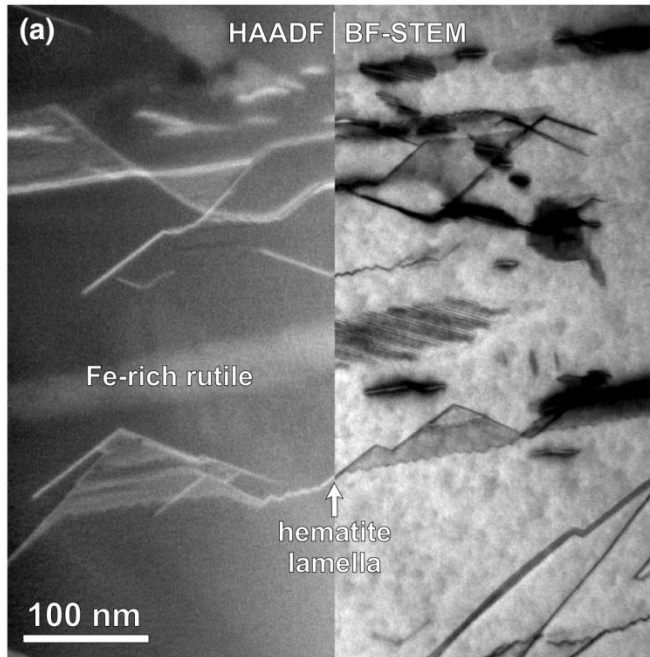


Topotaxial reactions during the genesis of oriented rutile/hematite intergrowths from Mwinilunga (Zambia)

Aleksander Rečnik · Nadežda Stanković · Nina Daneu

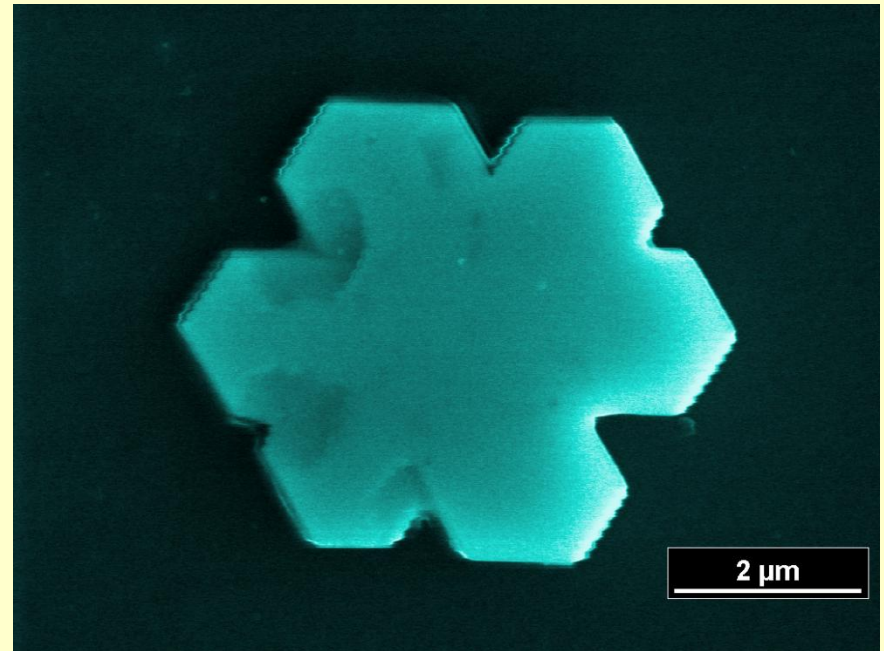
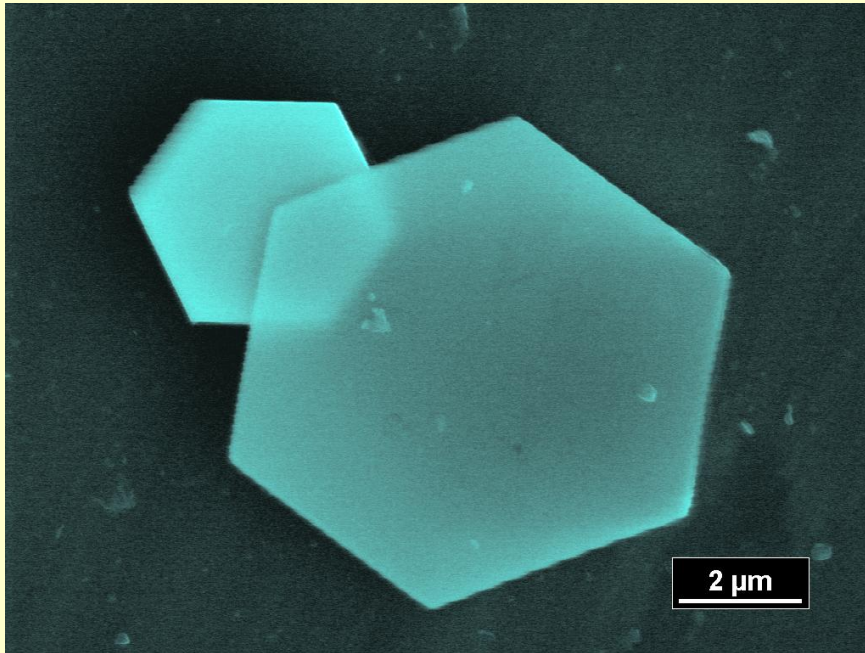


HAADF-STEM



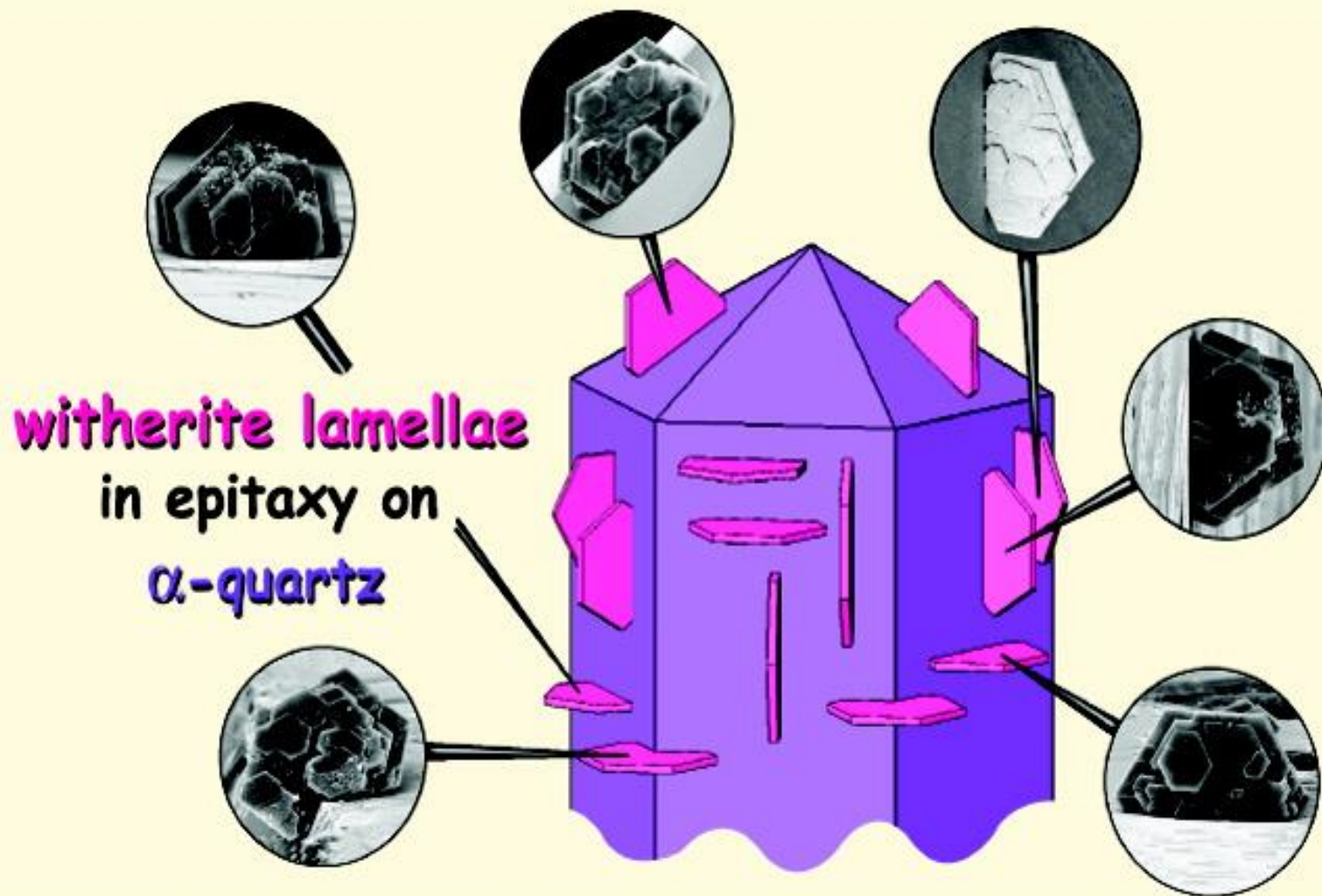
ΕΠΙΤΑΞΗ (Επίταξις) EPITAXY

Επίταξη ονομάζεται το φαινόμενο του αμοιβαίου προσανατολισμού δύο κρυστάλλων διαφορετικών υλικών, συνήθως με δισδιάστατη σχέση των κρυσταλλικών πλεγμάτων, που έχει ως αποτέλεσμα την κρυσταλλική ανάπτυξη του ενός υλικού πάνω στην επιφάνεια του άλλου (επιταξική ανάπτυξη)

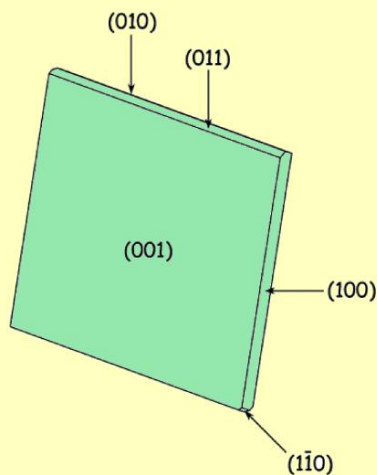
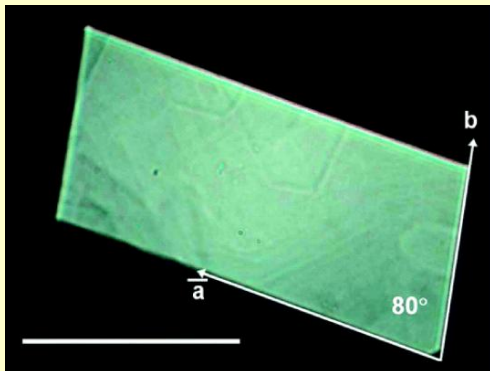


Επιταξική ανάπτυξη απλών και πολύδυμων μικροκρυστάλλων ανθρακικού μολύβδου στην (001) επιφάνεια του αραγονίτη

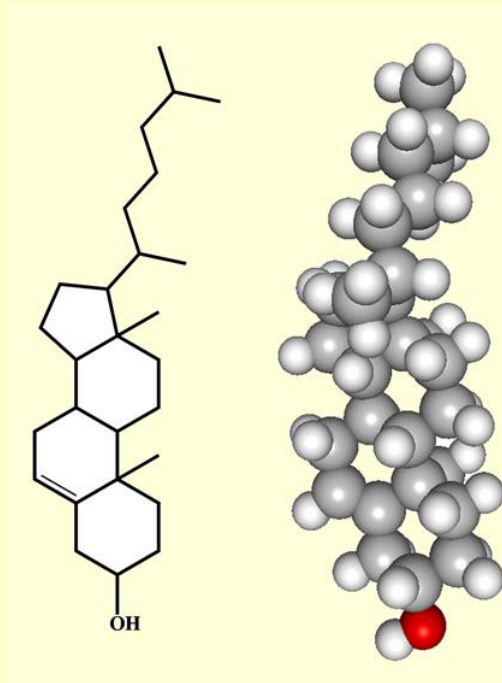
Επίταξη βιθερίτη (BaCO_3) σε α-χαλαζία ($\alpha\text{-SiO}_2$)



ΕΠΙΤΑΞΗ ΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΗΣ ($C_{27}H_{46}O$) ΣΕ ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ ($CaCO_3$)



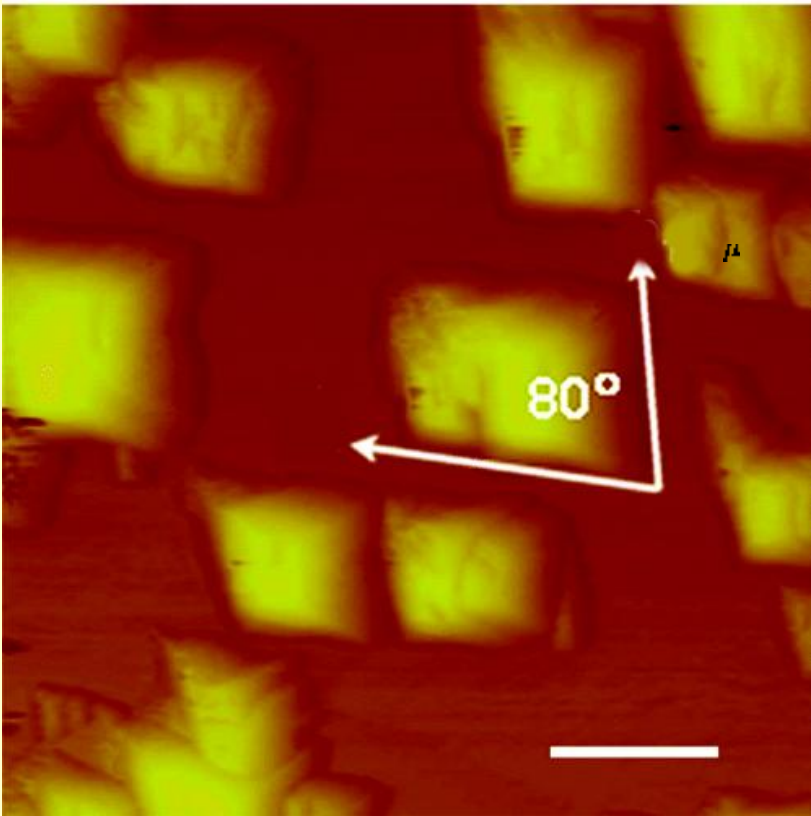
ΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΗ
(Τρικλινές)



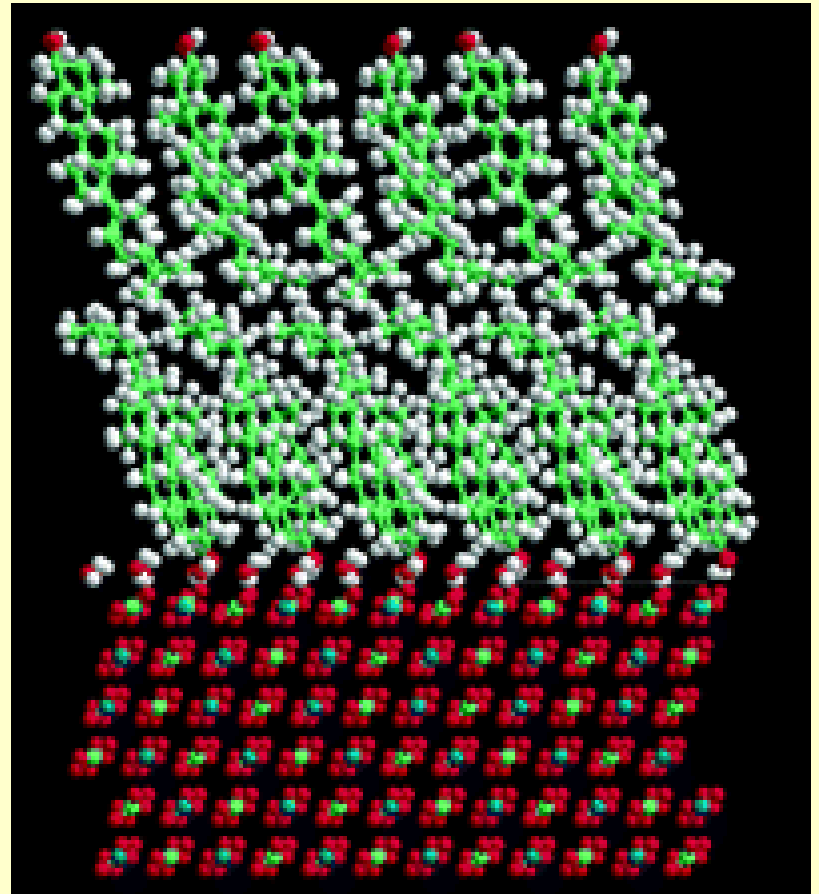
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ
(Τριγωνικό)



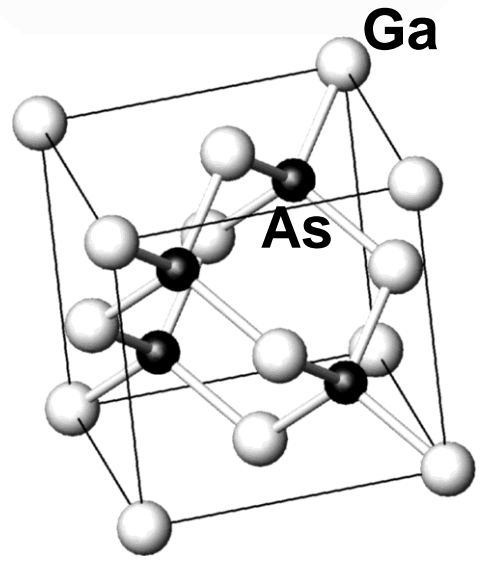
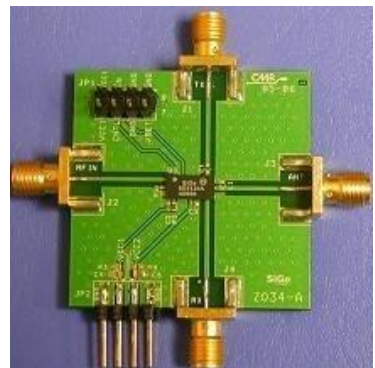
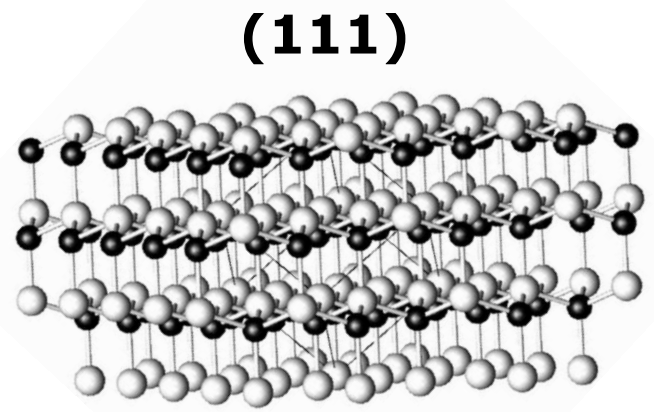
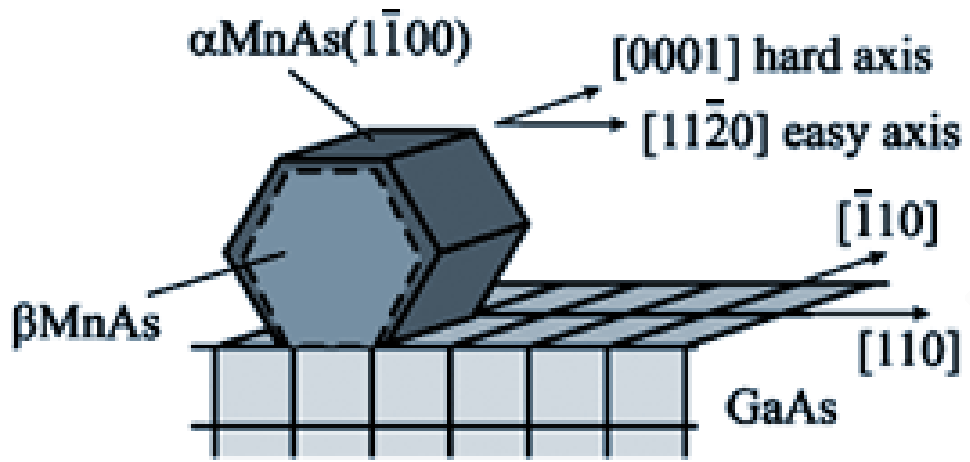
ΕΠΙΤΑΞΗ ΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΗΣ ($C_{27}H_{46}O$) ΣΕ ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ ($CaCO_3$)



scale bar = 1 μ m, z-scale = 800 nm



ΕΠΙΤΑΞΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΥ ΣΙΔΗΡΟΜΑΓΝΗΤΗ (MnAs) ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΟΥ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΥ (GaAs)



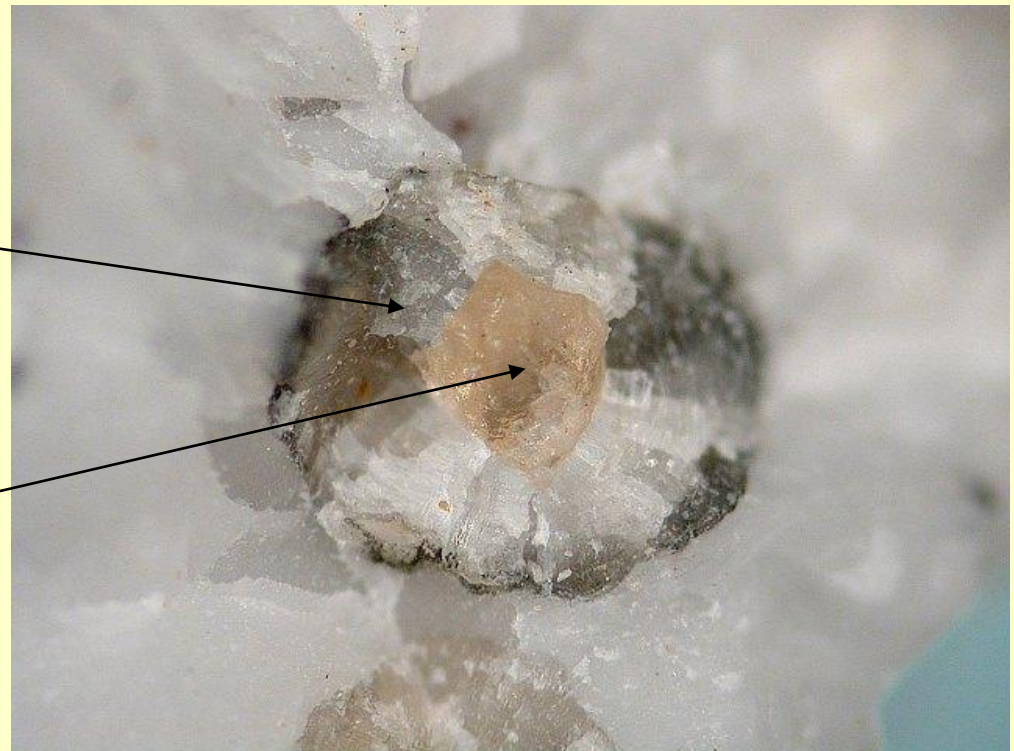
GaAs: ΑΡΣΕΝΙΚΟΥΧΟ ΓΑΛΛΙΟ

ΤΟΠΟΤΑΞΗ (Τοπόταξις) ΤΟΡΟΤΑΧΥ

Τοπόταξη ονομάζεται το φαινόμενο του αμοιβαίου προσανατολισμού δύο ή και περισσότερων κρυστάλλων διαφορετικών υλικών που προκύπτει από μετασχηματισμό σε στερεά κατάσταση ή από χημική αντίδραση (κρυστάλλοι ορισμένης σύστασης περιέχονται μέσα σε κρυστάλλο άλλης σύστασης από τον οποίο προέκυψαν με χημική αντίδραση και προς τον οποίο έχουν καθορισμένο προσανατολισμό)

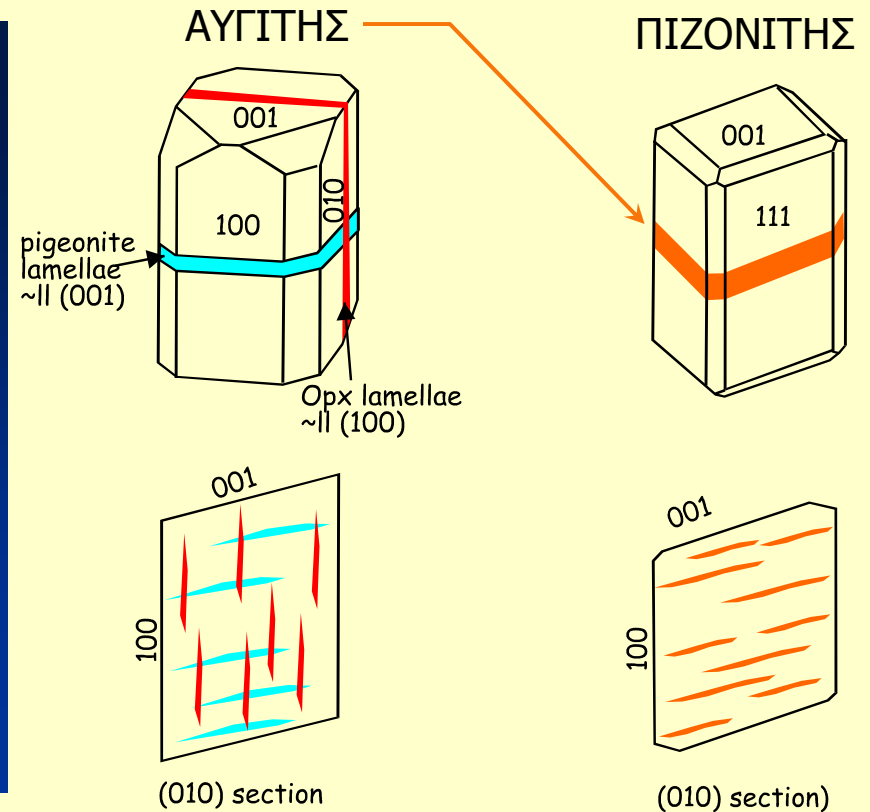
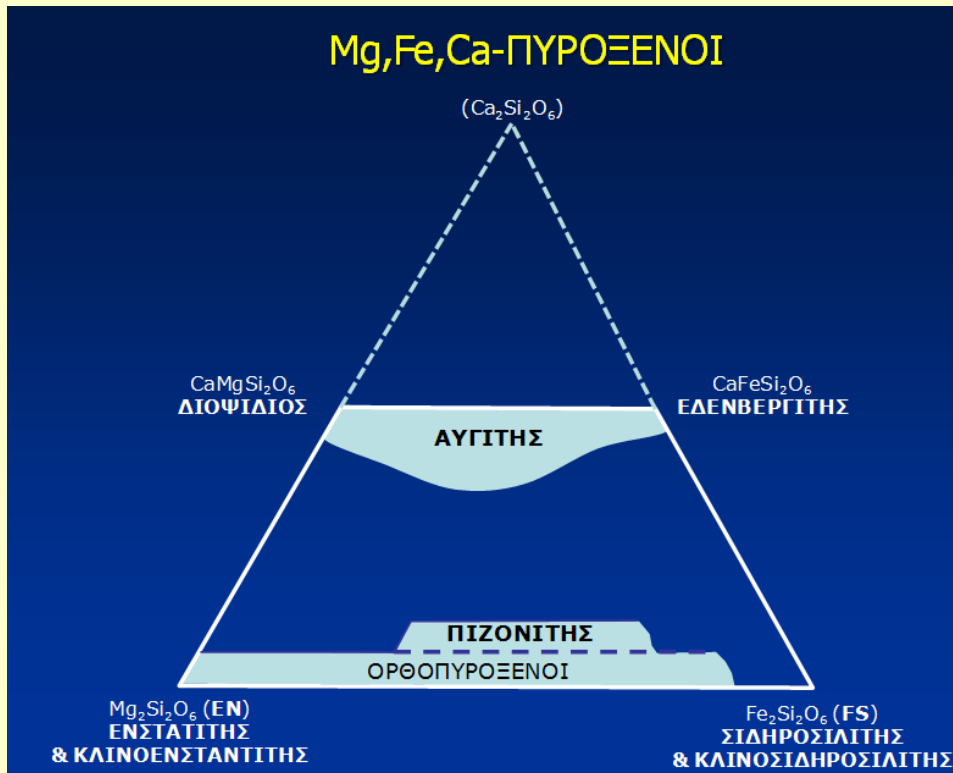
ΒΡΟΥΣΙΤΗΣ
Mg(OH)₂ Τριγωνικό

ΠΕΡΙΚΛΑΣΤΟ
MgO Κυβικό



ΑΠΟΜΕΙΞΗ (EXSOLUTION)

Φαινόμενο κατά το οποίο ένα αρχικά ομογενές στερεό διάλυμα διαχωρίζεται, κατά την ψύξη τήγματος, σε τουλάχιστον δύο κρυσταλλικά υλικά (που συμφύονται) χωρίς την προσθήκη ή την απομάκρυνση ύλης



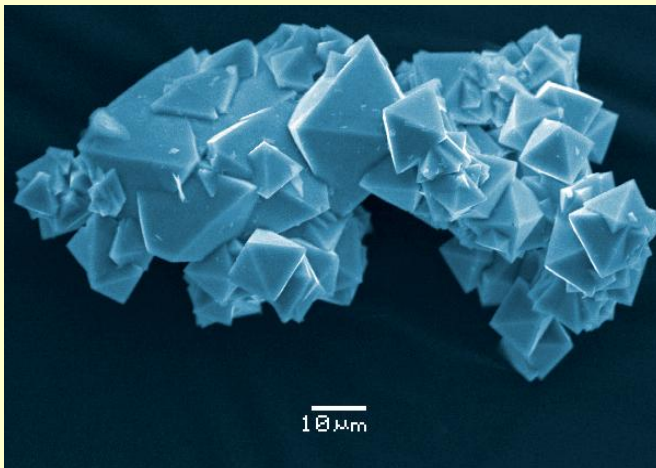
ΚΥΡΙΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΟΡΥΚΤΩΝ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ/ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ (CRYSTAL GROWTH)

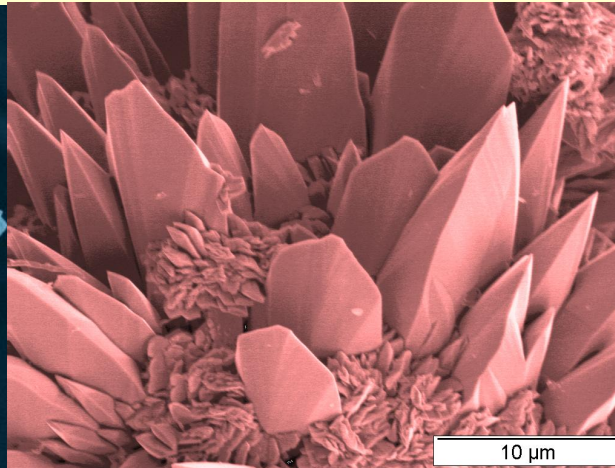
→ ΨΥΞΗ ΤΗΓΜΑΤΟΣ

→ ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΘΙΣΤΗΣΗ ΣΕ ΥΠΕΡΚΟΡΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

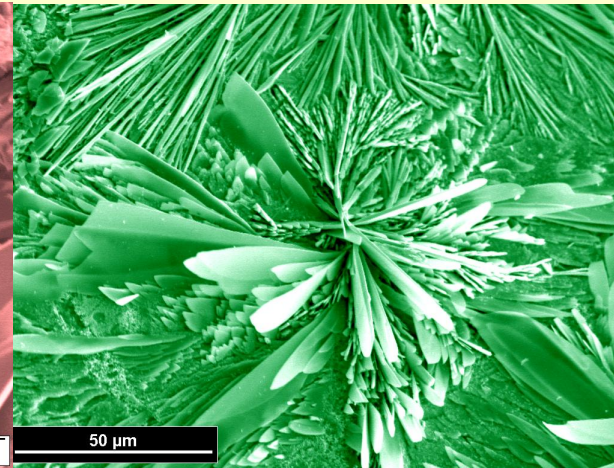
→ ΒΙΟΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ



Fe₃O₄ (ΜΑΓΝΗΤΙΤΗΣ)



HgO (ΜΟΝΤΡΟΪΔΙΤΗΣ)



PbHPO₄

ΨΥΞΗ ΜΑΓΜΑΤΟΣ – ΠΥΡΙΓΕΝΗ ΟΡΥΚΤΑ (σειρά κρυστάλλωσης ορυκτών κατά Bowen)

VOLUME XXX

NUMBER 3

THE JOURNAL OF GEOLOGY

April-May 1922

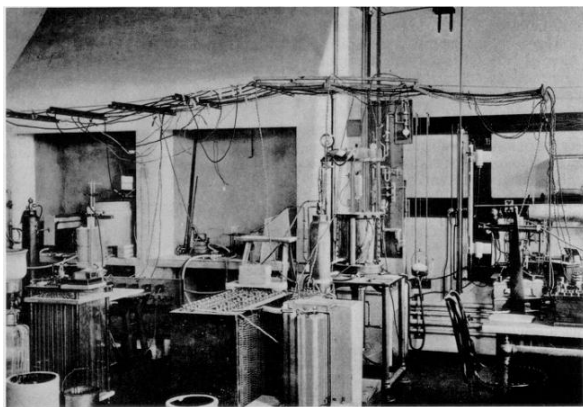
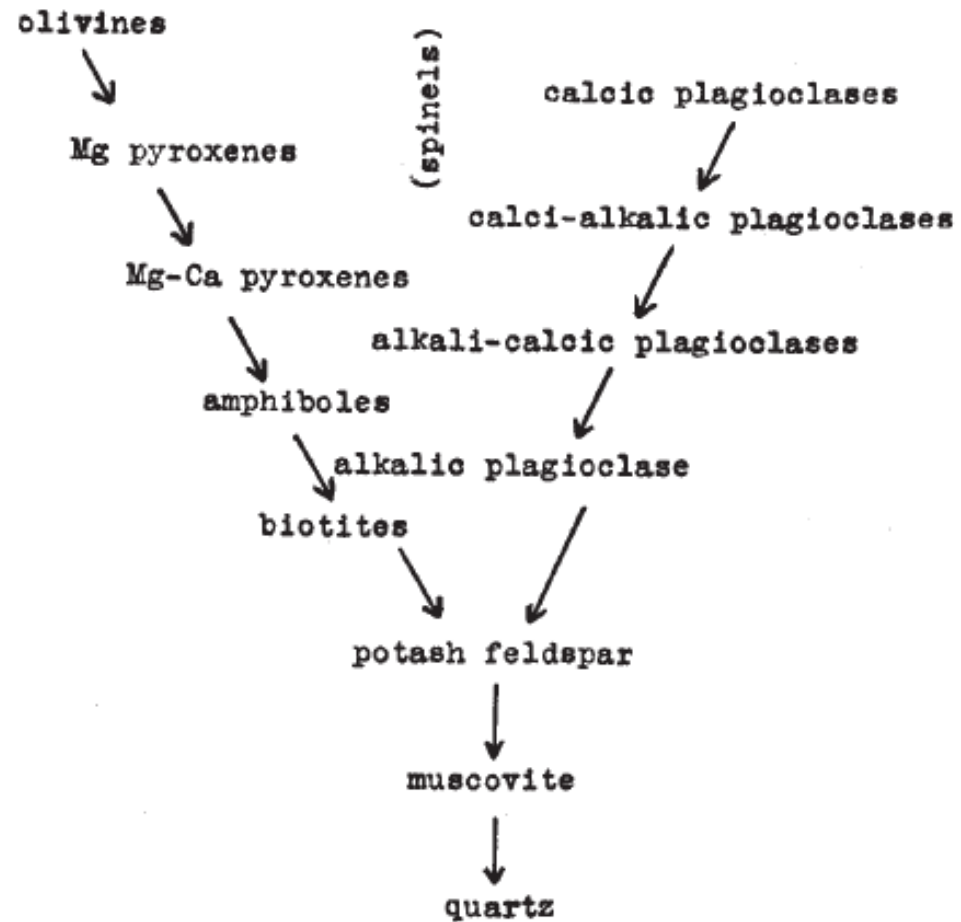
THE REACTION PRINCIPLE IN PETROGENESIS

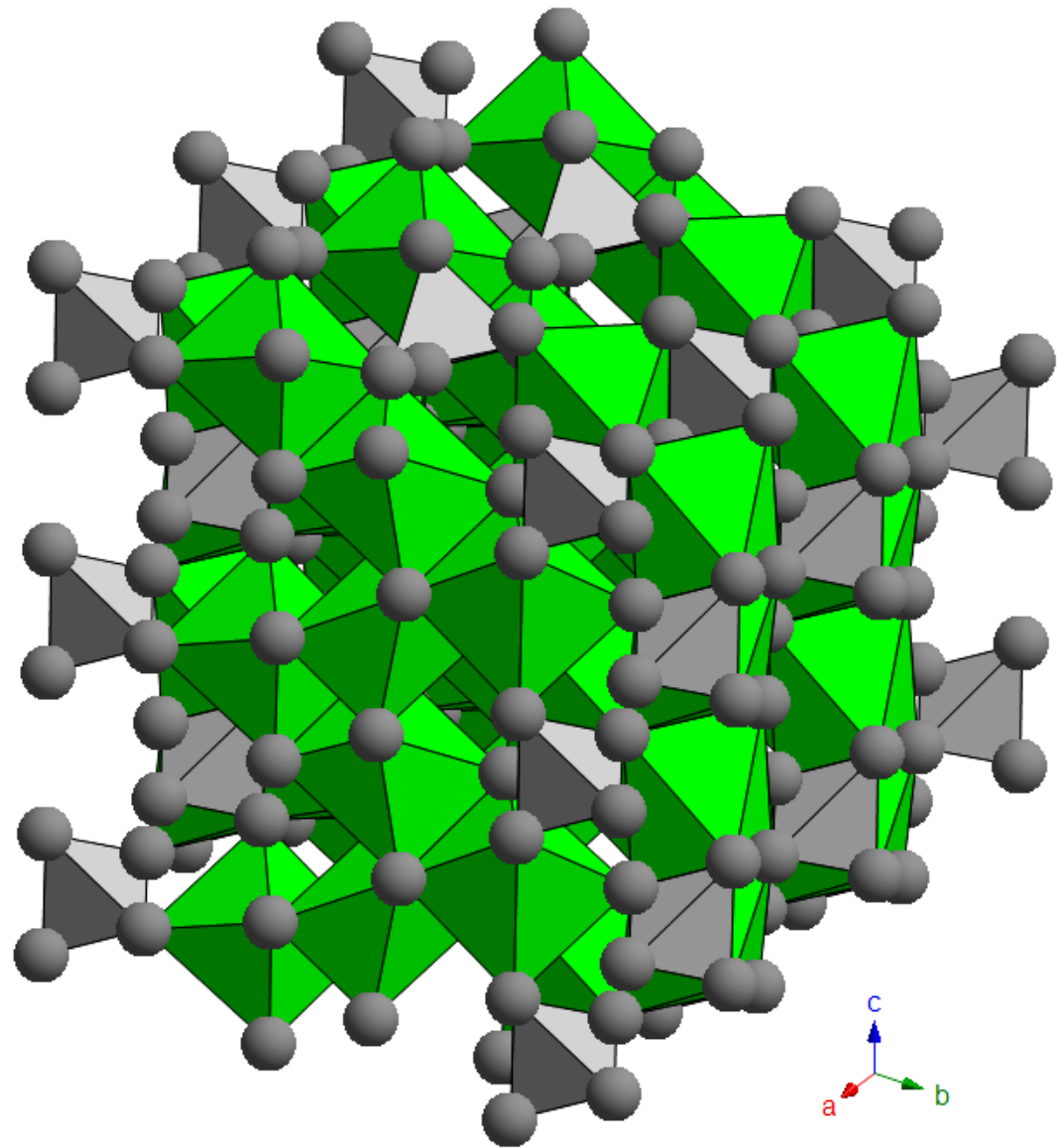
N. L. BOWEN

Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington

TABLE II

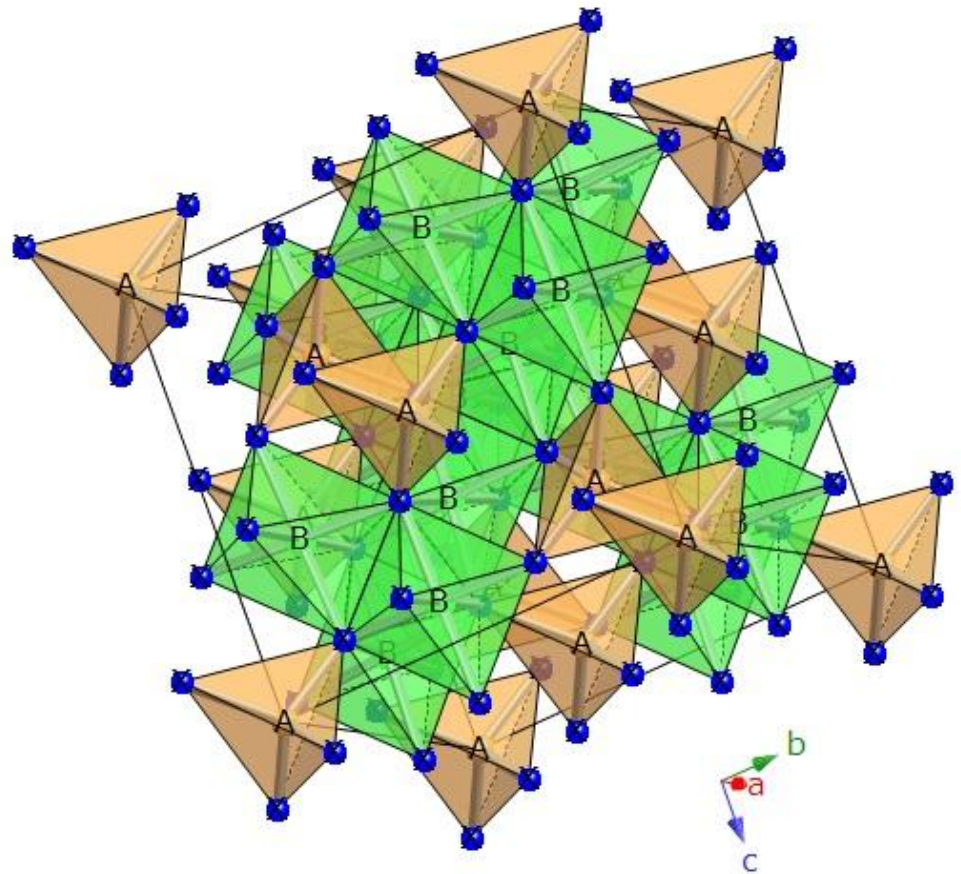
REACTION SERIES IN SUB-ALKALINE ROCKS



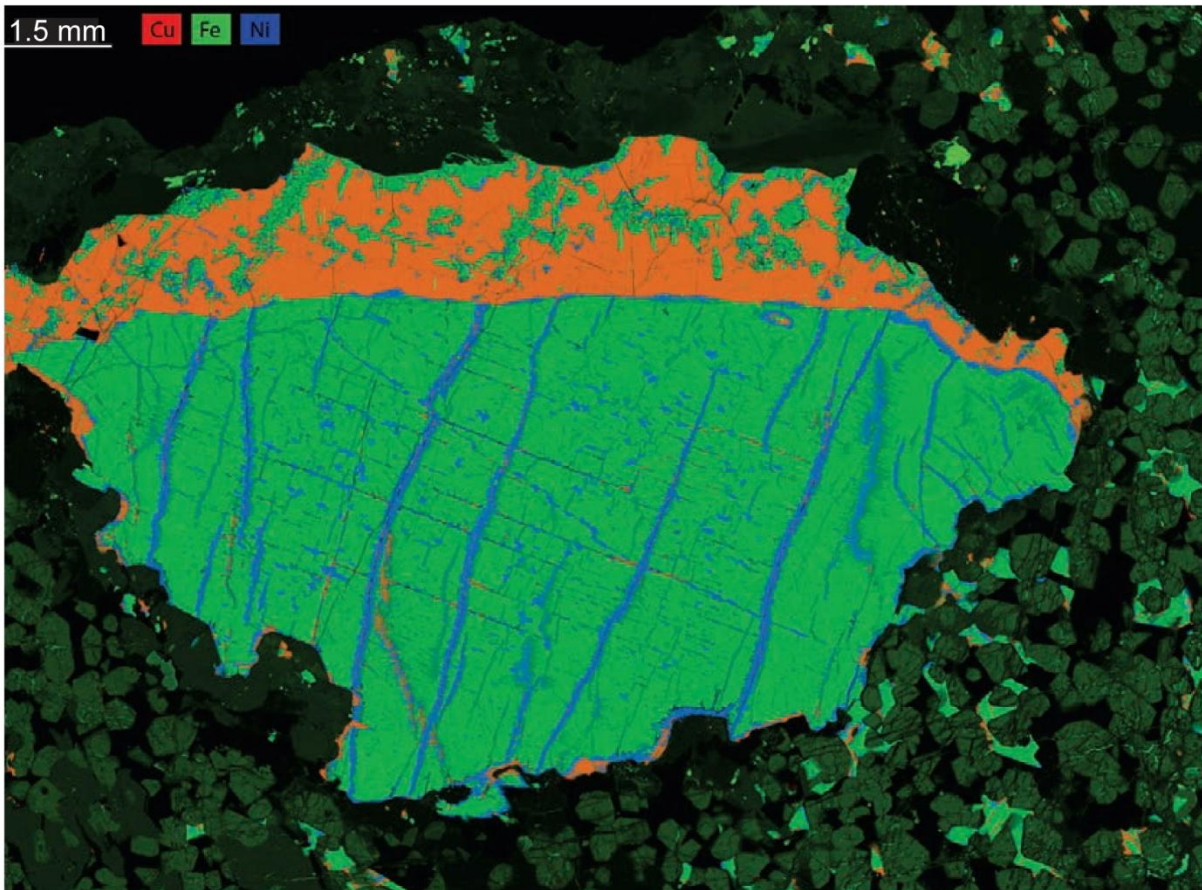


ΟΛΙΒΙΝΗΣ : $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$

ΣΠΙΝΕΛΙΟΙ : $A^{2+}B^{3+}_2O_4$
ΧΡΩΜΙΤΗΣ : $FeCr_2O_4$



ΟΛΙΒΙΝΗΣ ΜΕ ΣΟΥΛΦΙΔΙΑ Fe-Cu-Ni



Μαγνητοπυρίτης
 Fe_{1-x}S

Χαλκοπυρίτης
 CuFeS_2

Πεντλανδίτης
 $(\text{Fe},\text{Ni})_9\text{S}_8$

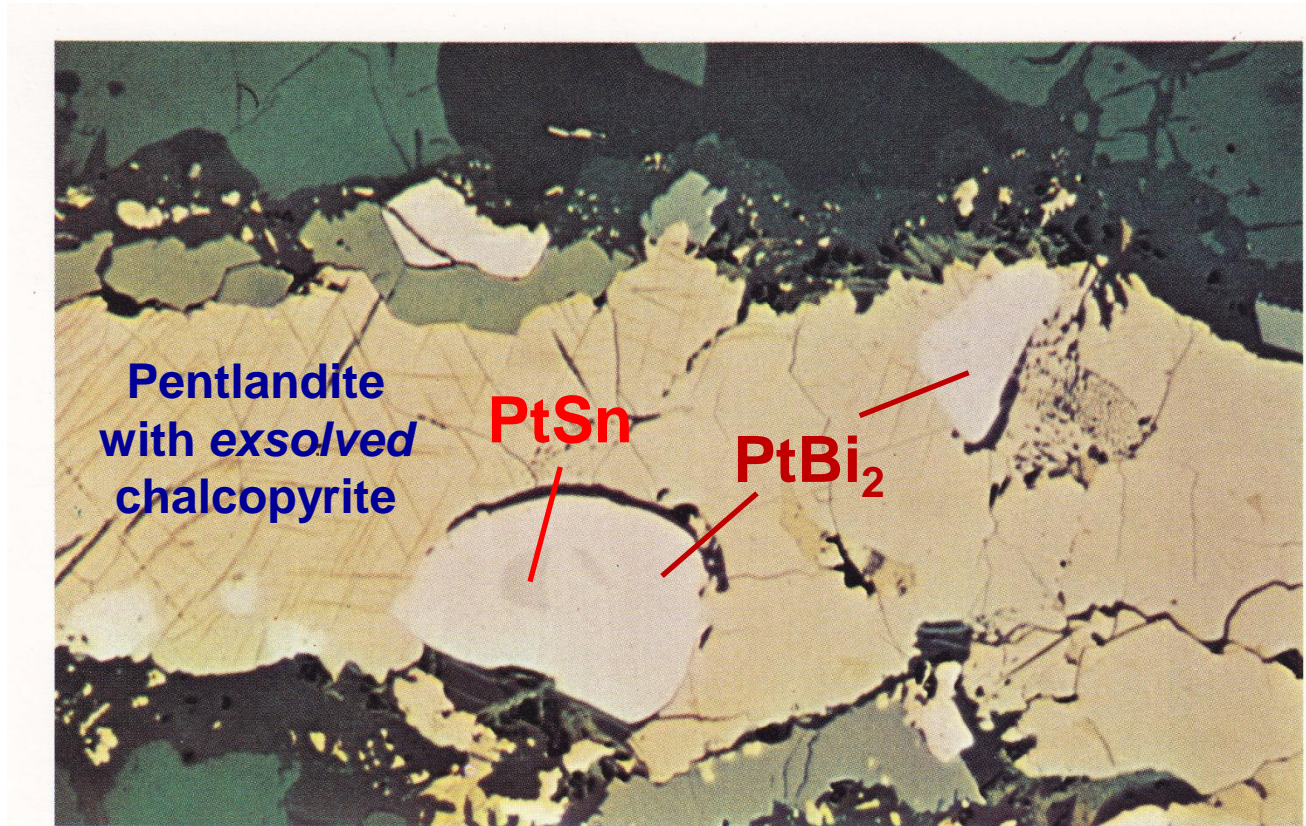
Pyrrhotite Chalcopyrite Pentlandite Olivine

Bear Creek open pit of the Noril'sk-1 intrusion (Russia)

<http://elementsmagazine.org/past-issues/sulfides/>

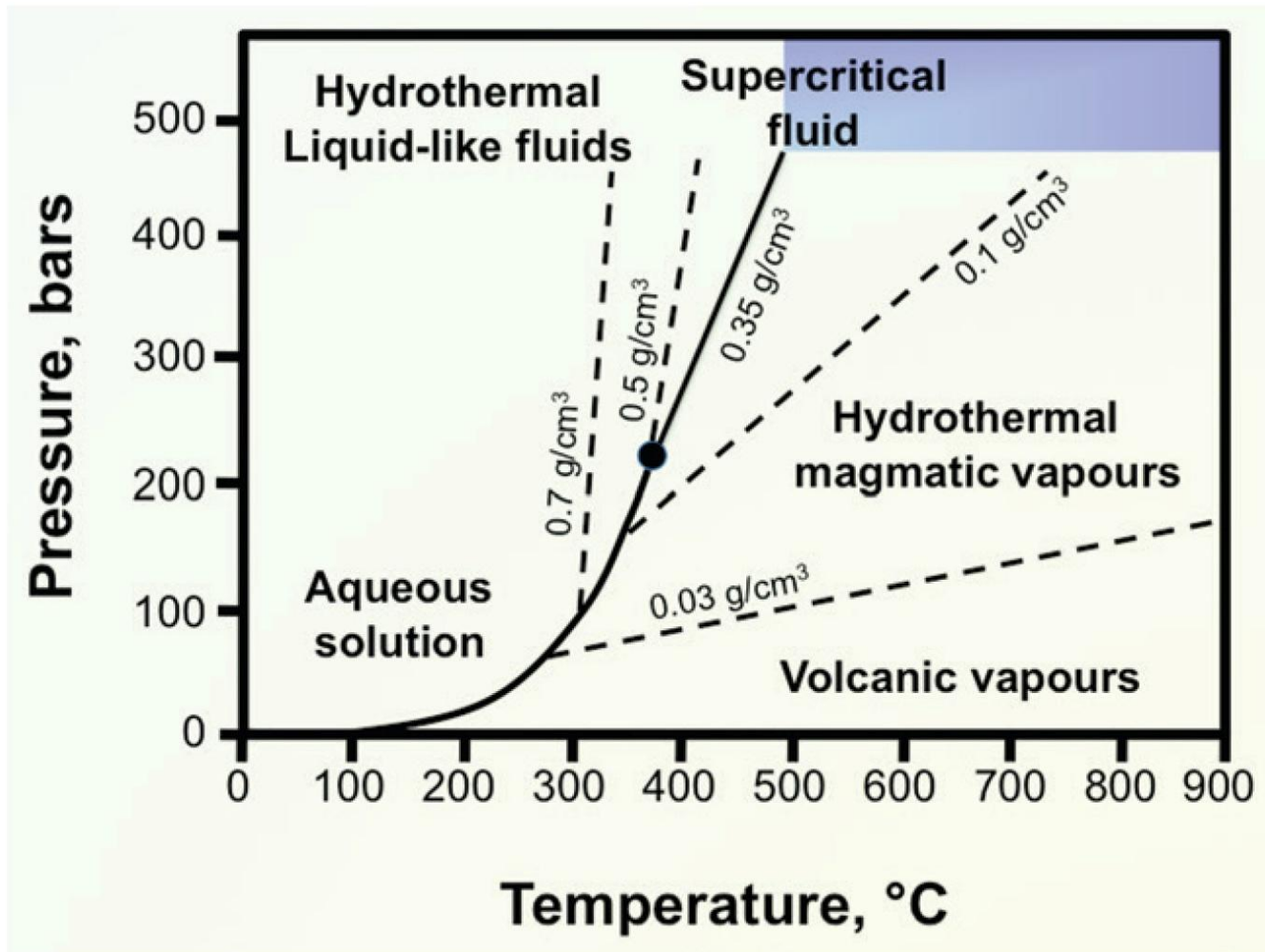
ΟΡΥΚΤΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΥ (κυρίως κράματα & σουλφίδια)

ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ - Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt (PGE)

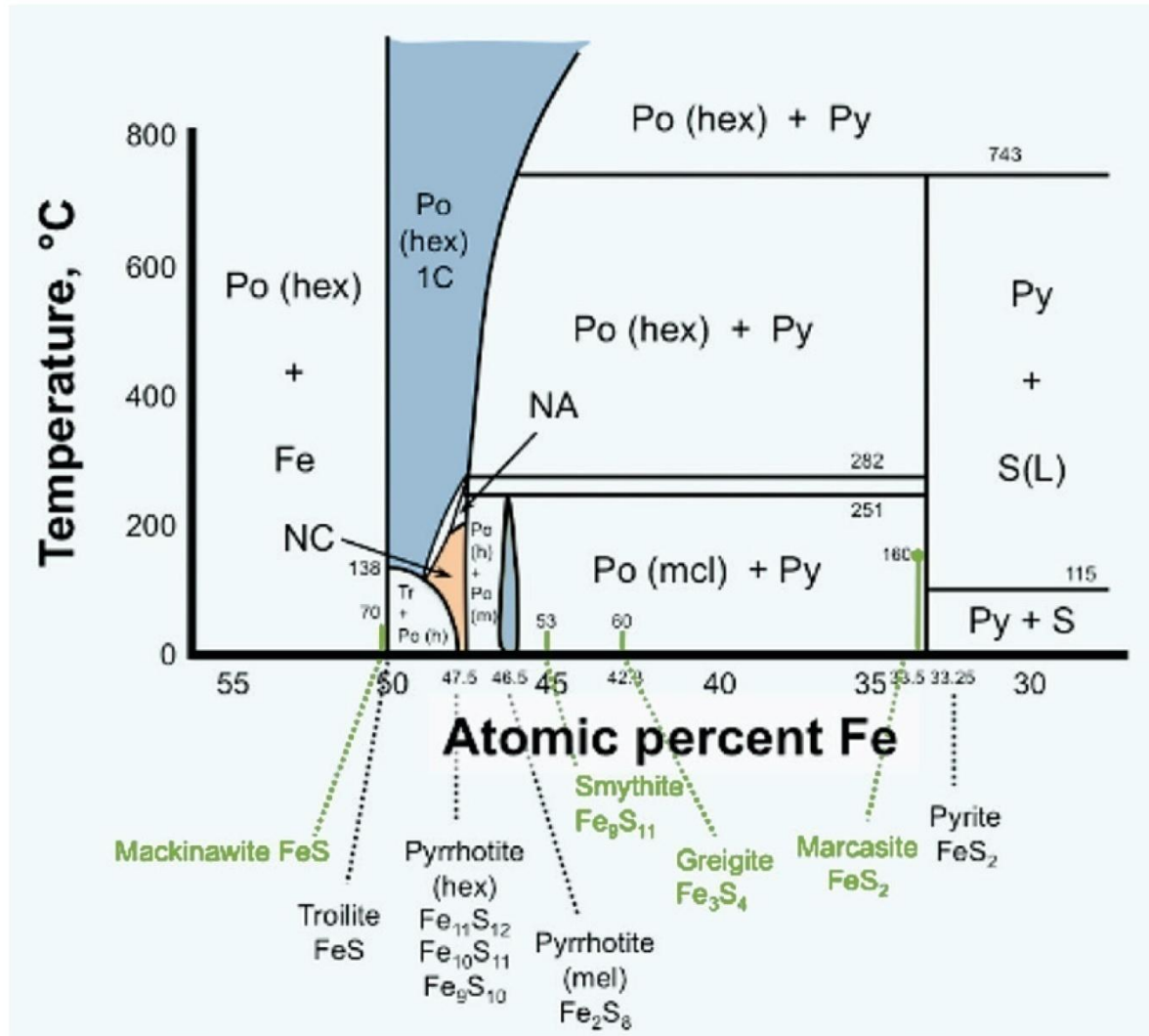


Waterfall Gorge, Insizwa, South Africa.

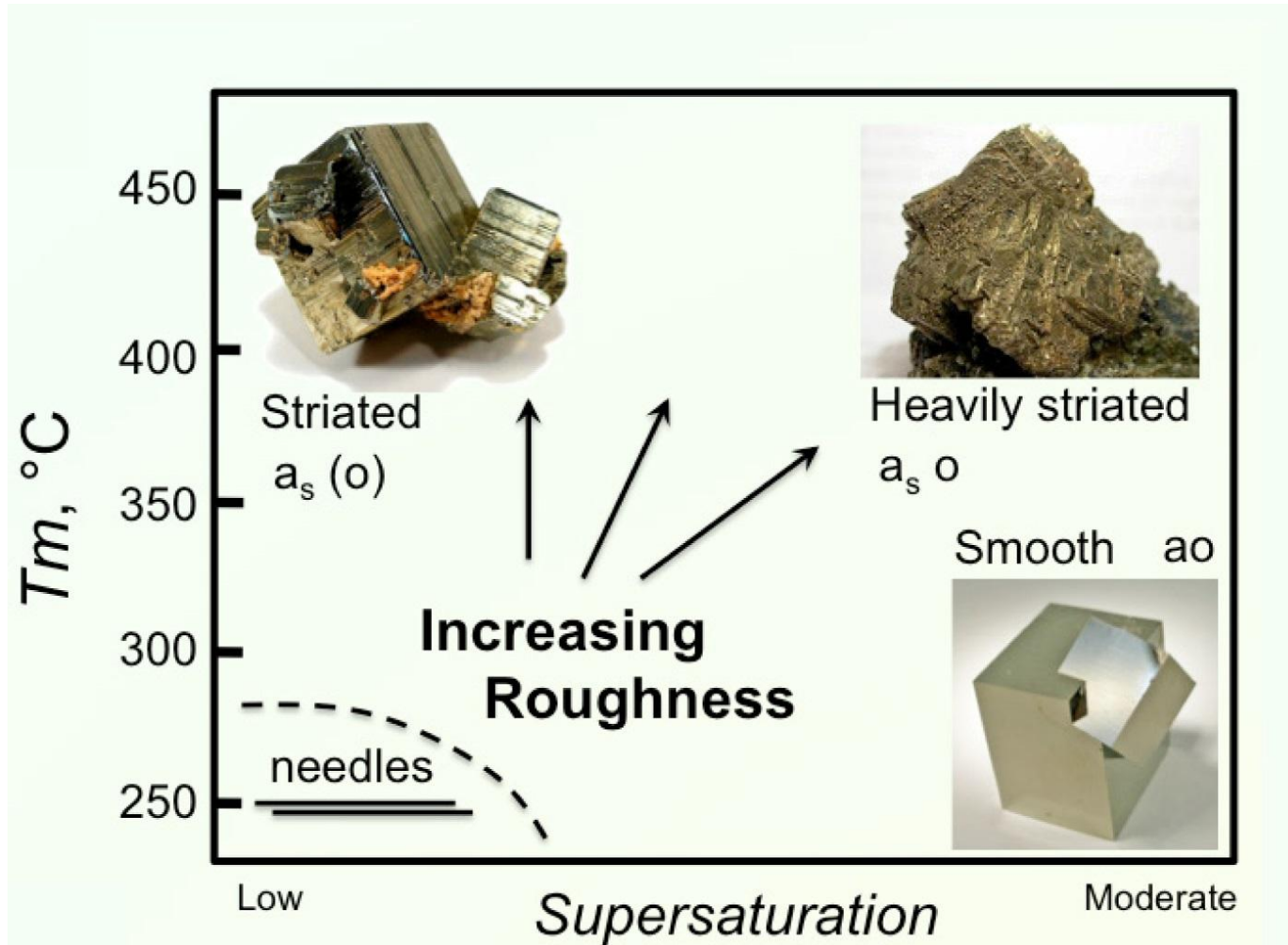
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΡΥΚΤΩΝ ΑΠΟ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ (κυρίως σουλφίδια & οξειδία)



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΡΥΚΤΩΝ ΑΠΟ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ (σουλφίδια Fe)



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΡΥΚΤΩΝ ΑΠΟ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ (σουλφίδια Fe)



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΡΥΚΤΩΝ ΑΠΟ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ

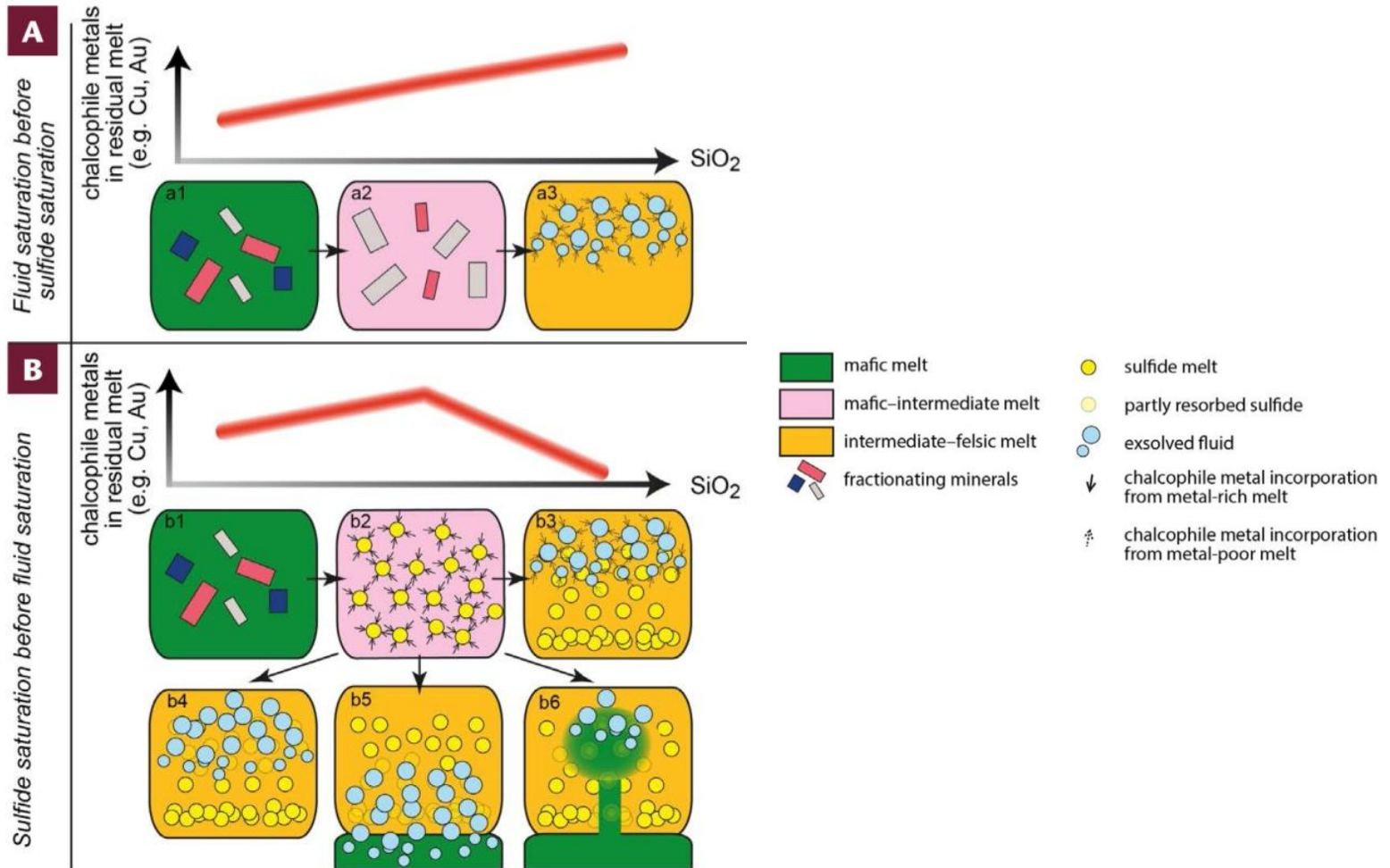
ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ – Au, Ag

Metal	Complexes				
Ag		AgCl_2^-	AgCl_3^{2-}	AgHS^0	$\text{Ag}(\text{HS})_2^-$
Au		AuCl_2^-		AuHS^0	$\text{Au}(\text{HS})_2^{\zeta}$
Co		CoCl_2^0	CoCl_4^{2-}	CoHS^+	
Cu^+			CuCl_2^-	$\text{Cu}(\text{HS})_2^-$	
Cu^{2+}		CuCl^+	CuCl_2^0	$\text{Cu}(\text{HS})_3^-$	
Fe		FeCl^+	FeCl_2^0	FeHS^+	
Hg		HgCl_2^0	$\text{Hg}(\text{HS})_2^0$	HgHS_2^-	HgS_2^{2-}
Ni		NiCl^+	NiCl_2^0	NiHS^+	
Pb		PbCl^+	PbCl_2^0	$\text{Pb}(\text{HS})_3^-$	
Sn	SnCl^+	SnCl_2^0	SnCl_3^-		
Zn	ZnCl^+	ZnCl_2^0	ZnCl_4^{2-}	$\text{Zn}(\text{HS})_2^0$	$\text{Zn}(\text{HS})_3^-$

<https://www.geochemicalperspectives.org/online/v4n1/>

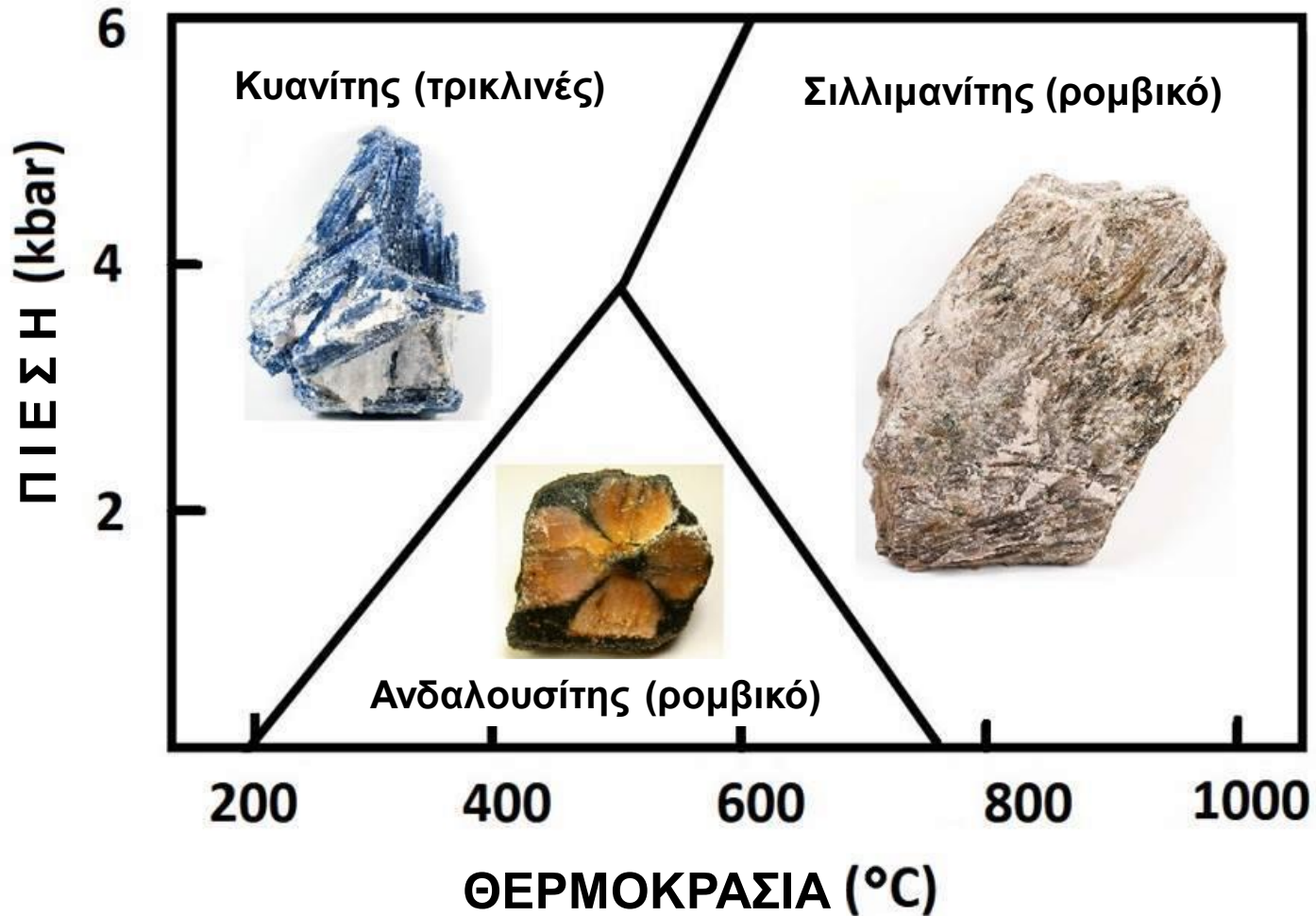
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΡΥΚΤΩΝ ΑΠΟ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ

ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ – Au, Ag

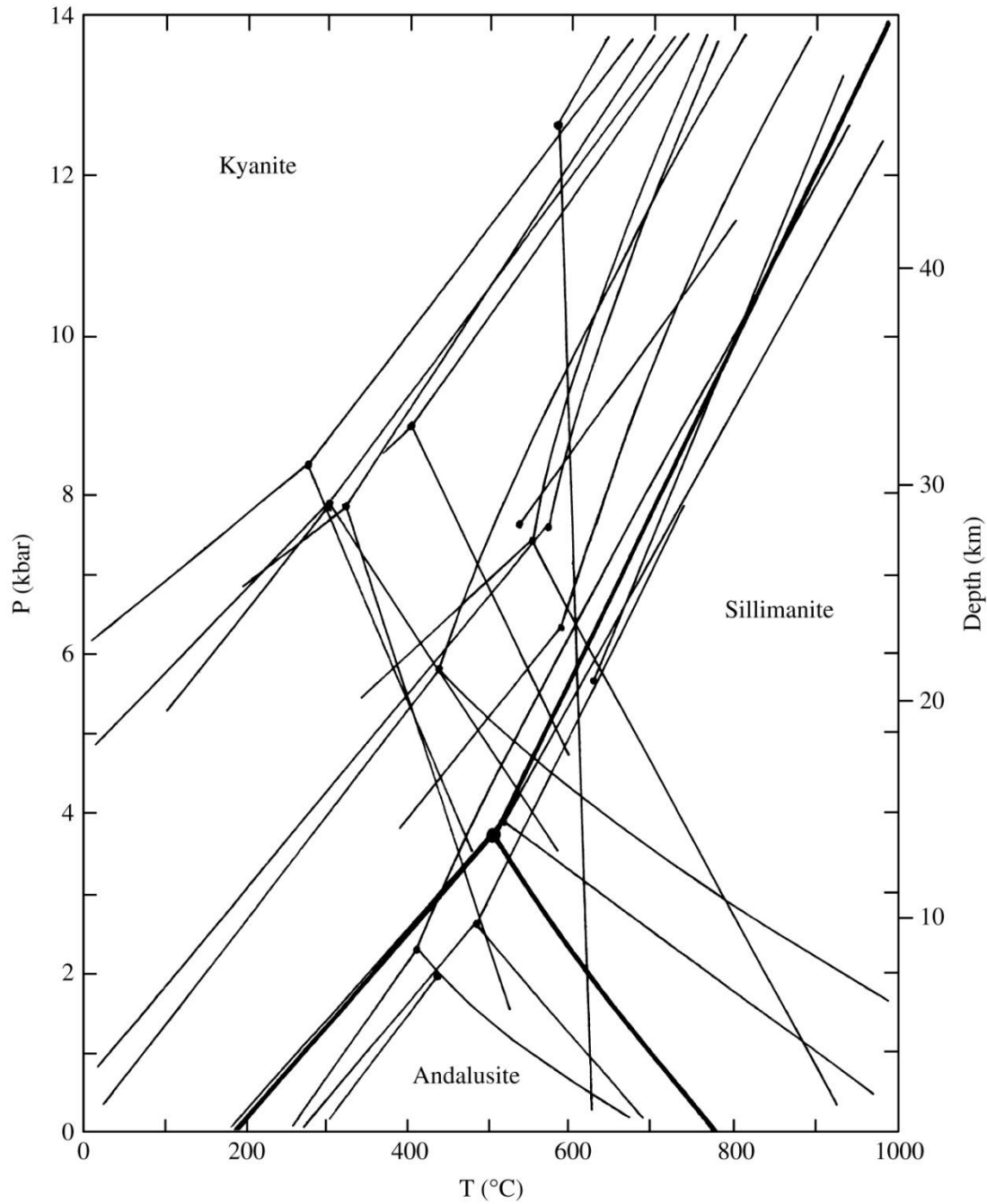


ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΙΕΣΗΣ: ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

ΠΟΛΥΜΟΡΦΑ Al_2SiO_5



ΠΟΛΥΜΟΡΦΑ Al_2SiO_5



ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΙΕΣΗΣ:

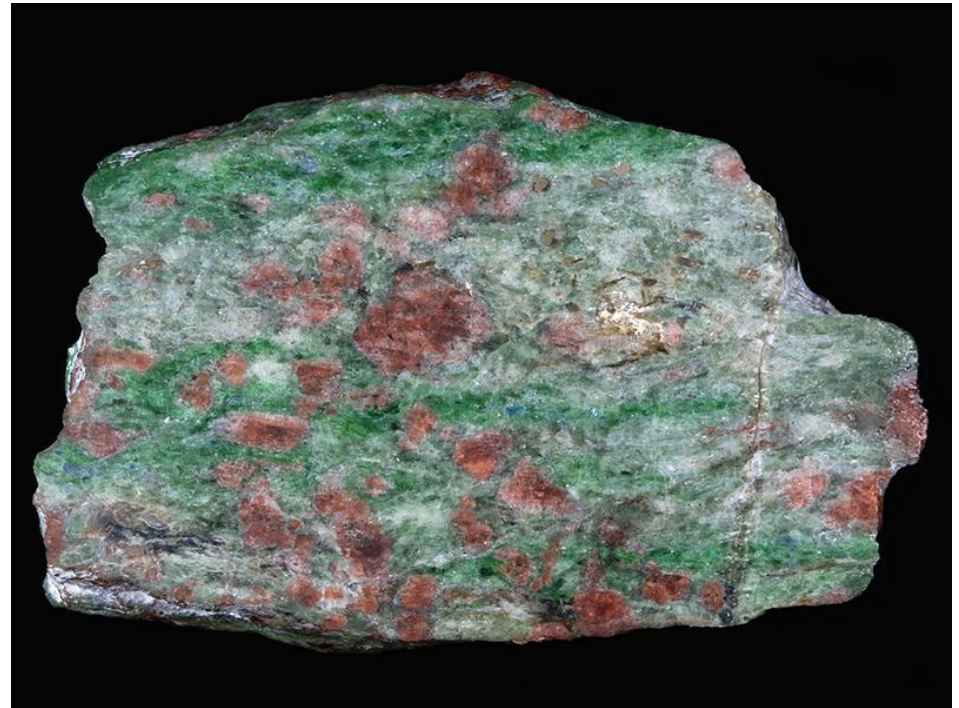
ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

ΓΡΑΝΑΤΗΣ



ΕΚΛΟΓΙΤΗΣ



<https://www.virtualmicroscope.org/content/s339-13-eclogite>

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΙΕΣΗΣ: ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ



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 H_2O . Such a transition is an important source of metamorphic fluid. Scale for these samples is similar to that of Figure 1.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΙΕΣΗΣ: ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

ΠΥΡΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

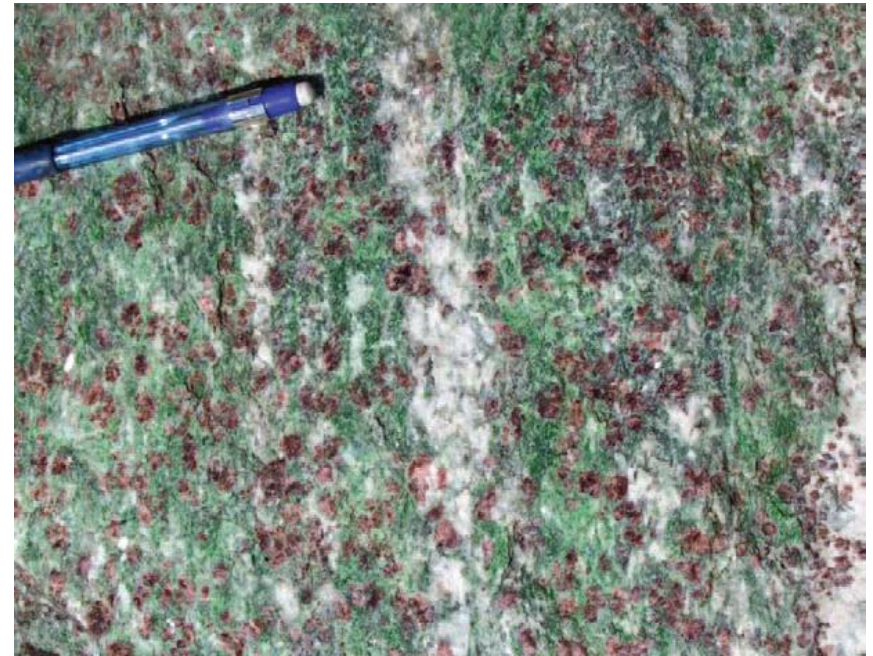
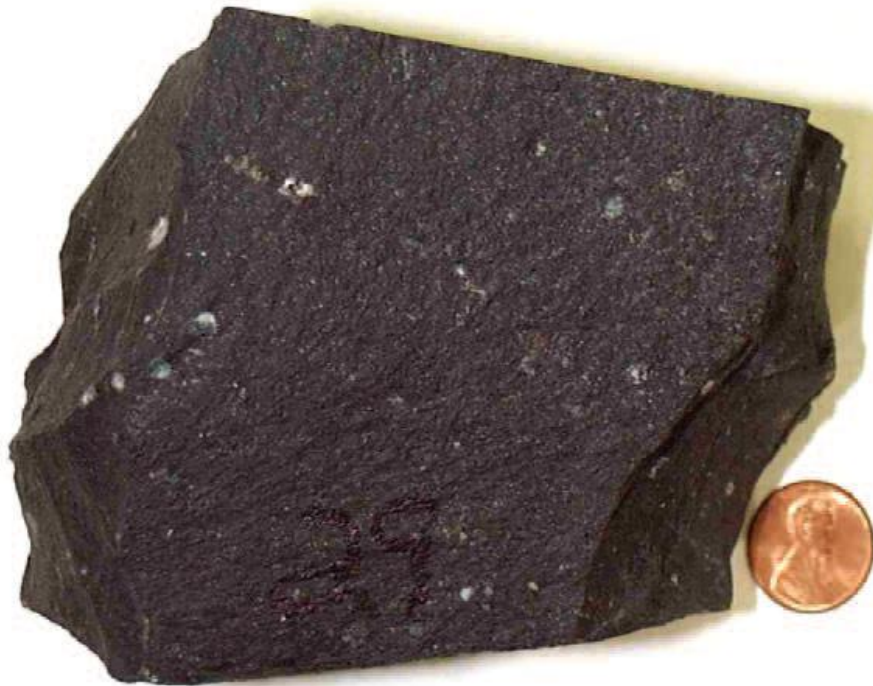
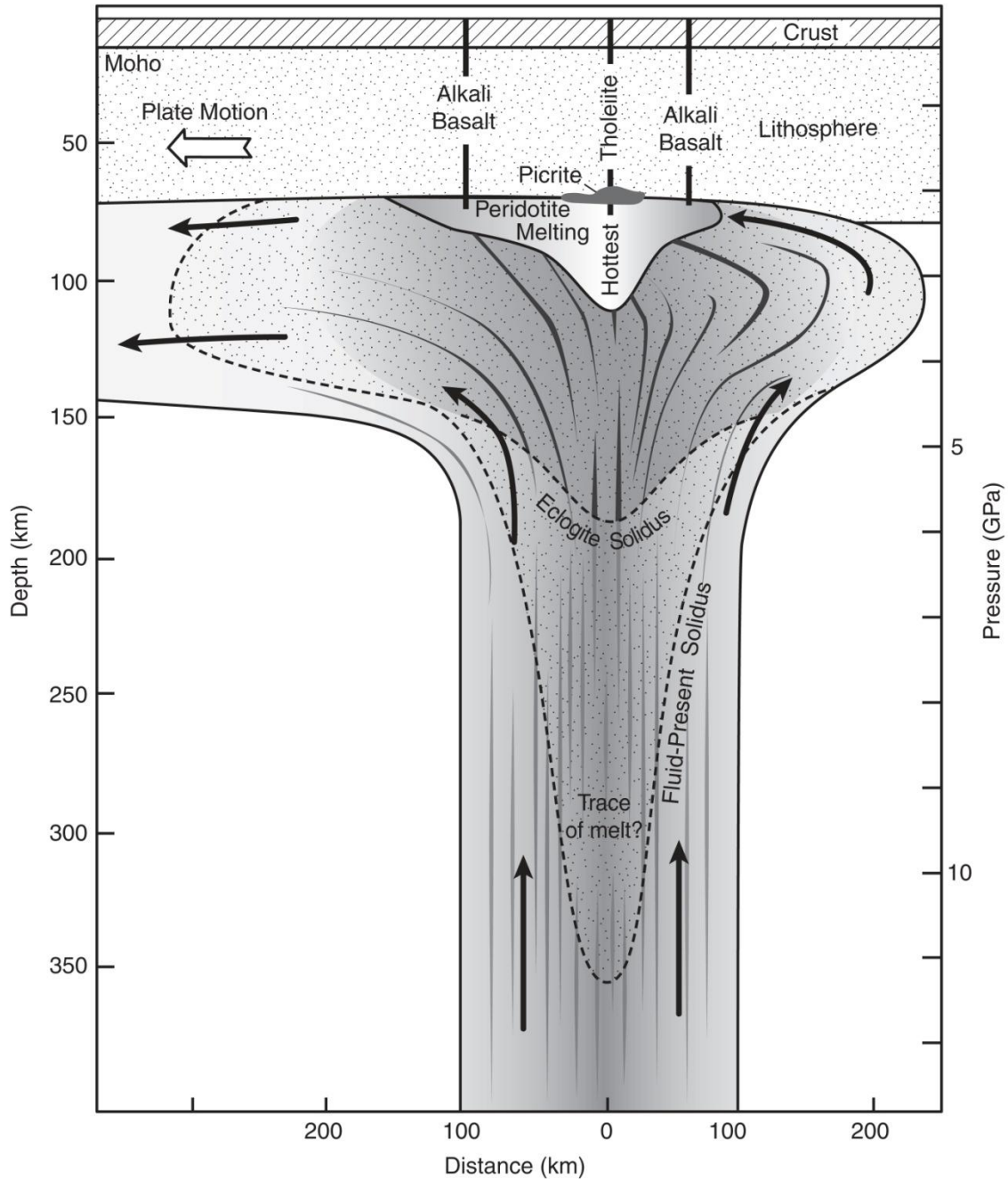
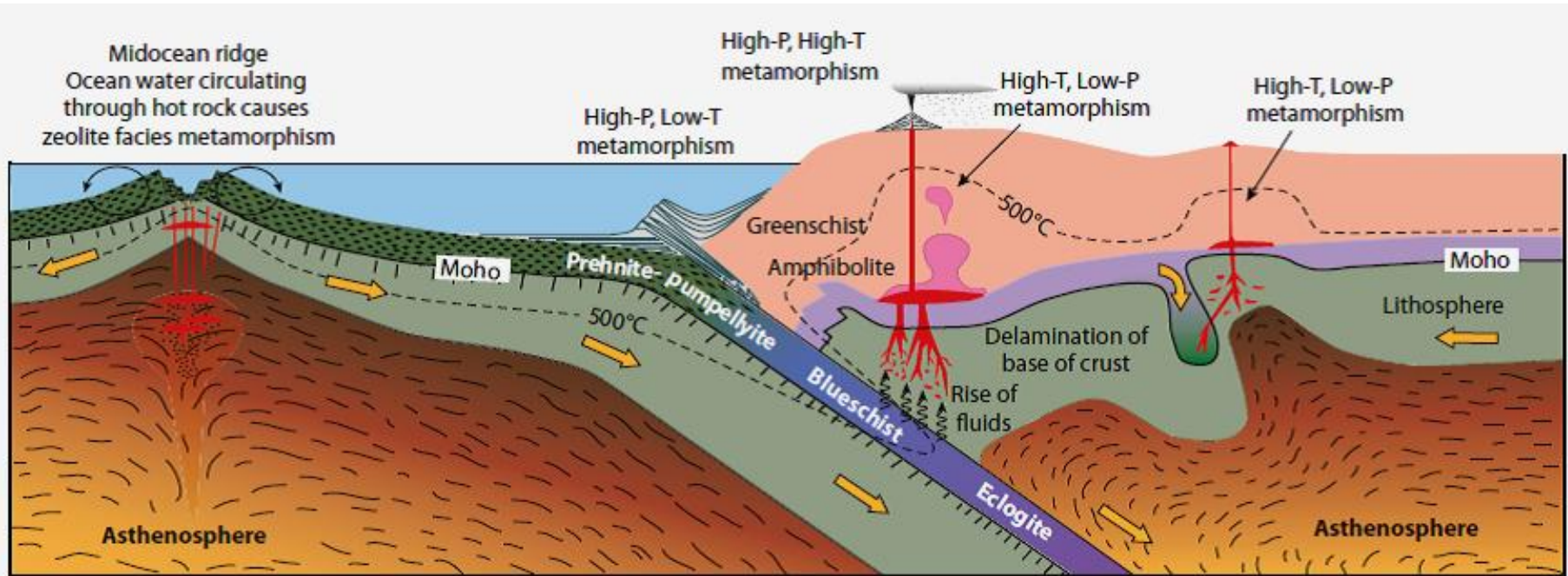


FIGURE 1 Dark, fine-grained basalt, such as (A), is transformed into a spectacular, coarse-grained, green and red eclogite (B) during metamorphism at high pressure and temperature. During the metamorphic transition, augite (pyroxene), plagioclase, and olivine in the basalt are transformed into garnet (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.

ΠΥΡΙΓΕΝΗ & ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ



ΠΥΡΙΓΕΝΗ & ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ



© Cambridge University Press (2013)

ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

ΓΛΑΥΚΟΦΑΝΗΣ

X. Die Einlagerungen im krystallinen Gebirge der Kykladen auf Syra und Sifnos.

Von Konstantin Anton Ktenas.

(Mit 5 Figuren und einem Profil im Text und einer Tafel II.)



Κτενάς

	Glaukophanschiefer
SiO ₃ . .	55·40
TiO ₂ . .	0·96
Al ₂ O ₃ . .	9·30
Fe ₂ O ₃ . .	6·70
FeO . .	4·26
CaO . .	5·55
MgO . .	10·92
Na ₂ O . .	6·89
K ₂ O . .	0·85
Glühverlust	0·90
	<hr/>
	101·73

Tschermaks mineralog. und petrograph. Mitteilungen, Bd. XXVI, Heft 4.

Verlag von Alfred Hölder, k. u. k Hof- und Universitäts-Buchhändler, Wien.(1907)

ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

ΓΛΑΥΚΟΦΑΝΗΣ: $\square (\text{Na}, \text{Ca}, \square)_2 [(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_3 (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2] \text{Si}_8 \text{O}_{22} (\text{OH})_2$



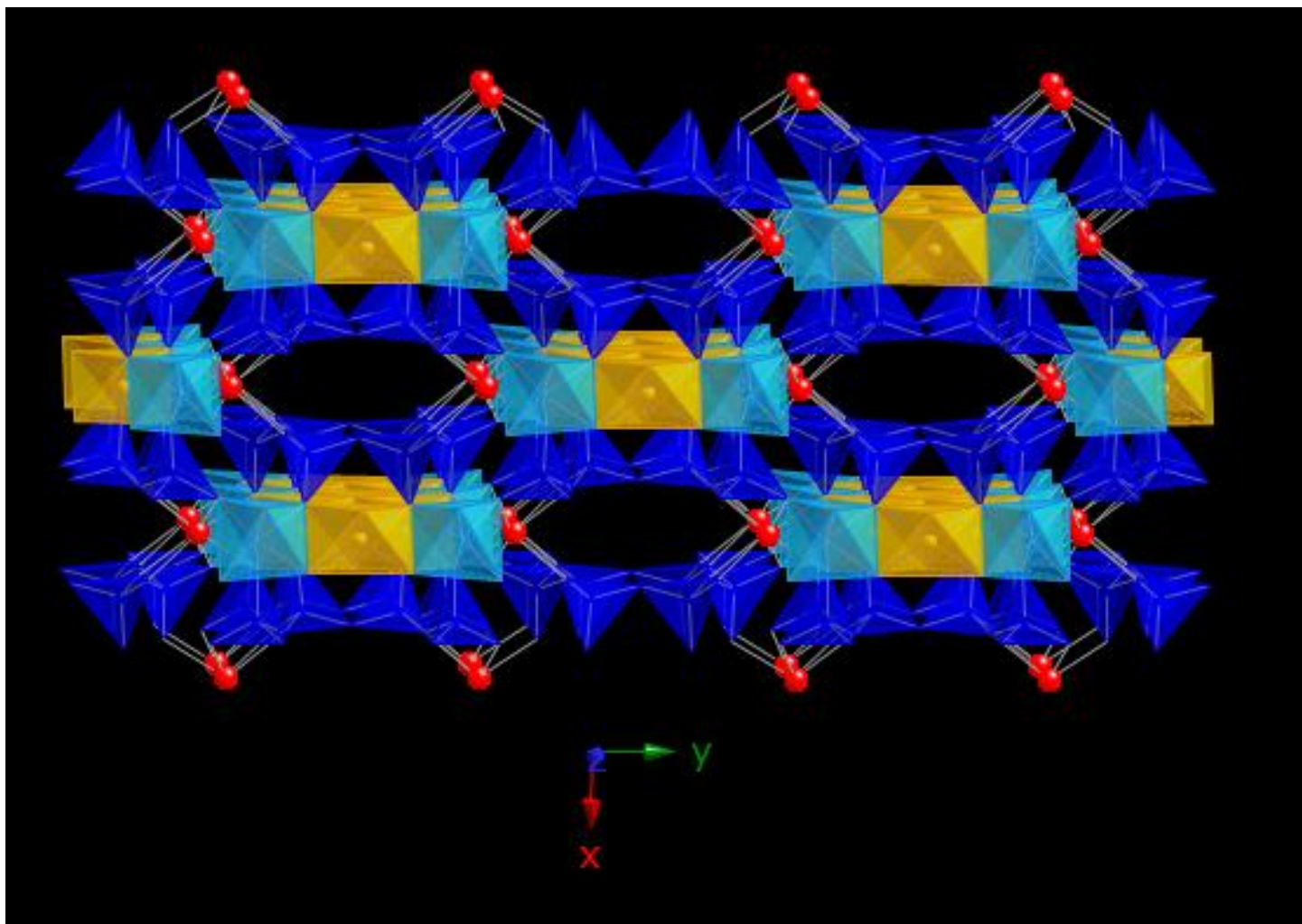
Glaucophane

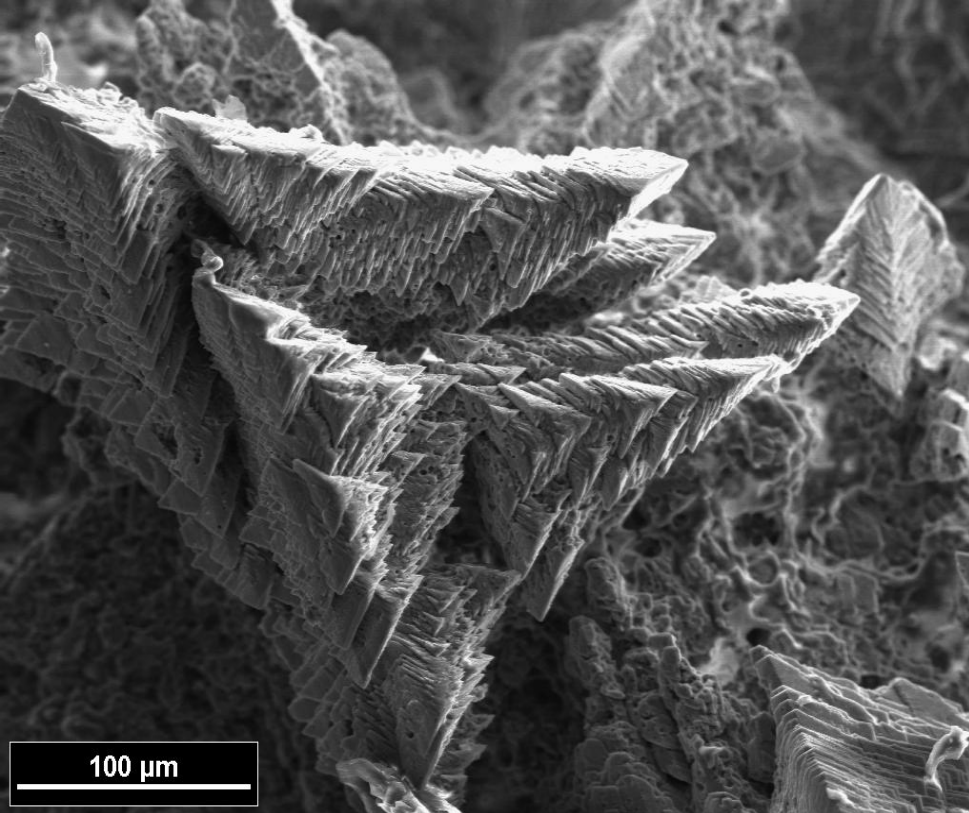
<https://www.mindat.org/photo-812707.html>

ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

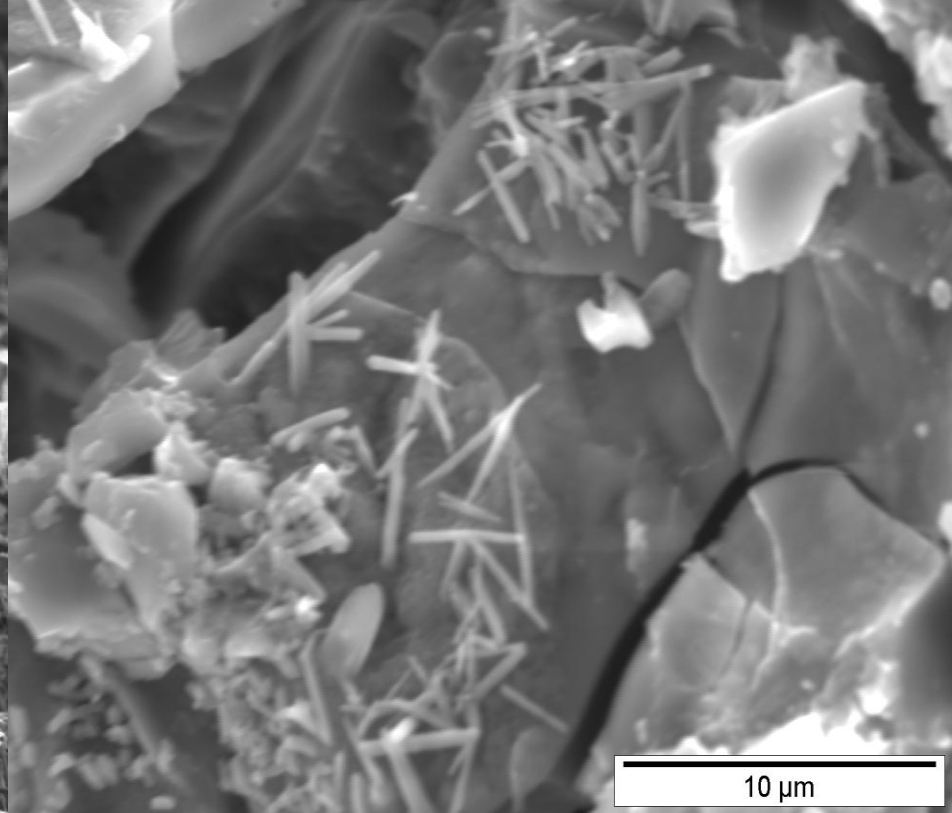
Γενικός χημικός τύπος: $AB_2C_5T_8O_{22}W_2$

ΓΛΑΥΚΟΦΑΝΗΣ: $\square (Na, Ca, \square)_2 [(Mg, Fe^{2+}, Mn)_3 (Al, Fe^{3+})_2] Si_8 O_{22} (OH)_2$





100 μm

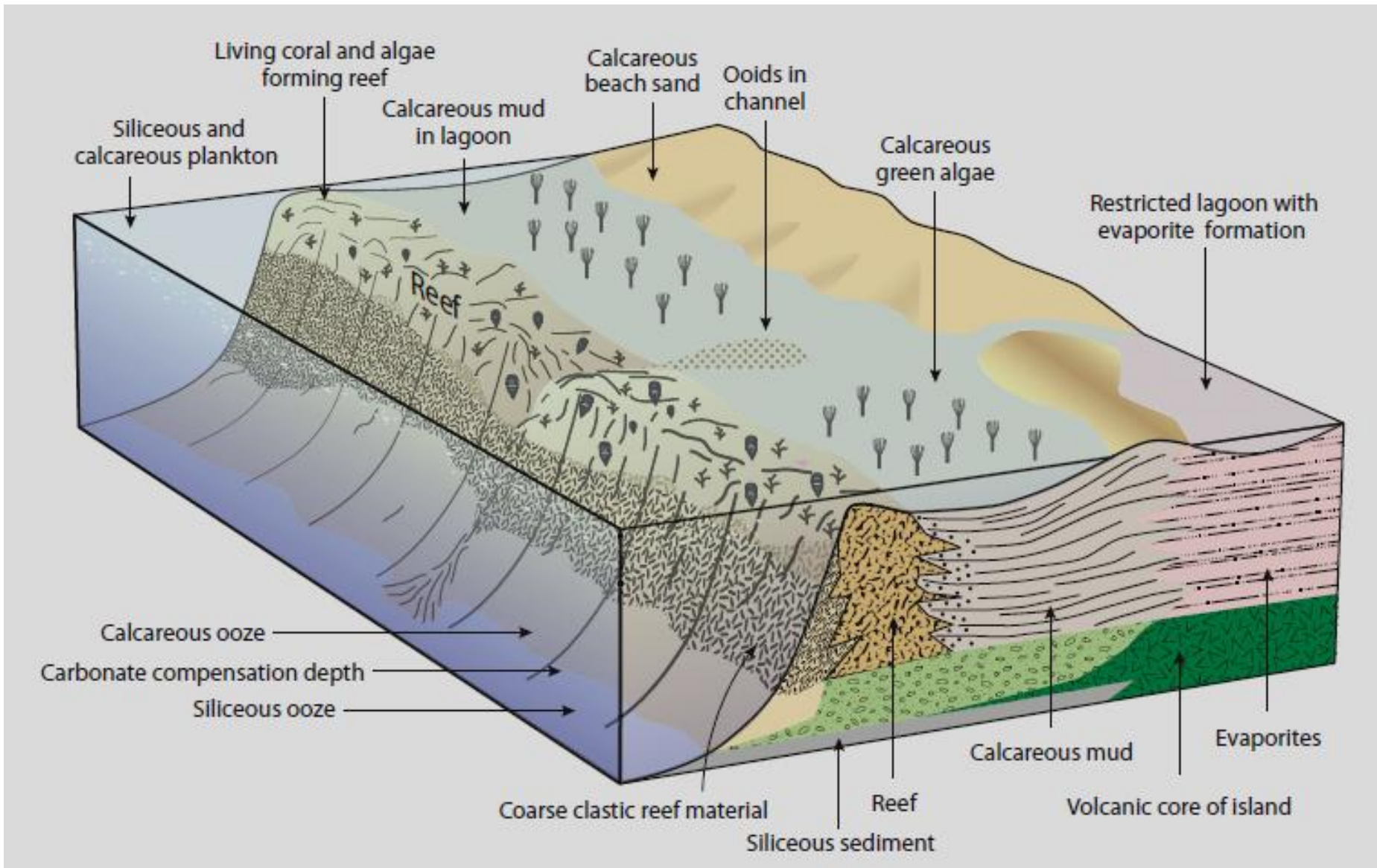


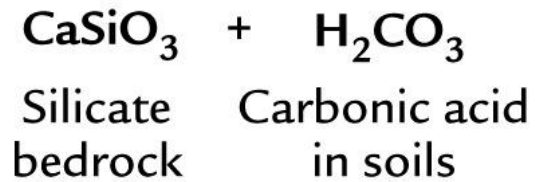
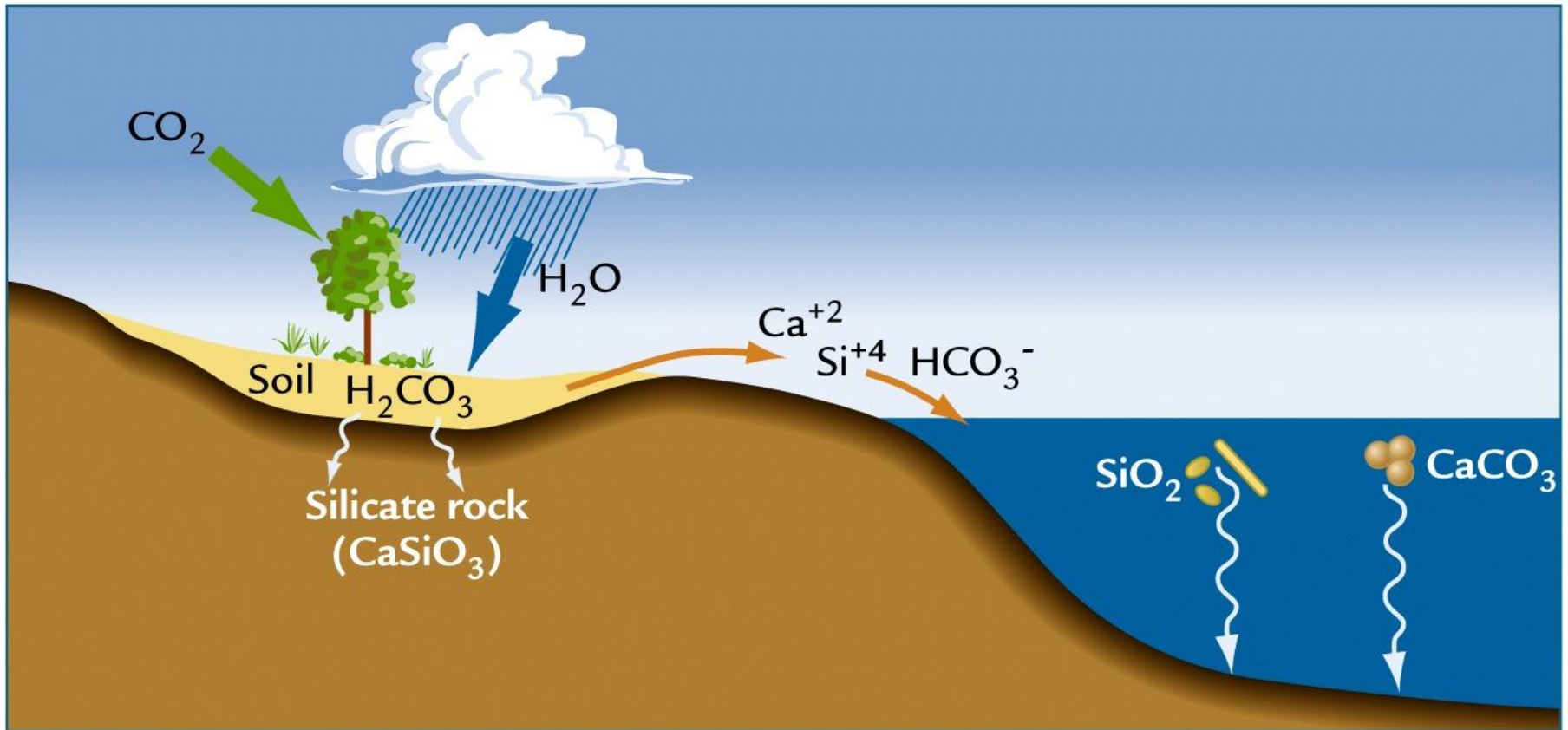
10 μm

ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ:
 CaCO_3

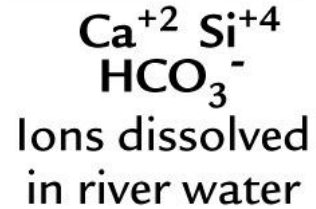
ΓΥΨΟΣ:
 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



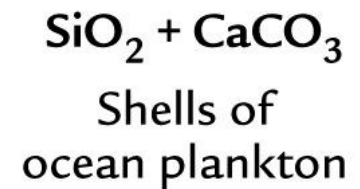




Weathering on land



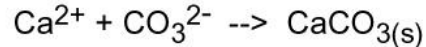
Transport in rivers



Deposition in ocean

Reactions for the precipitation of CaCO₃

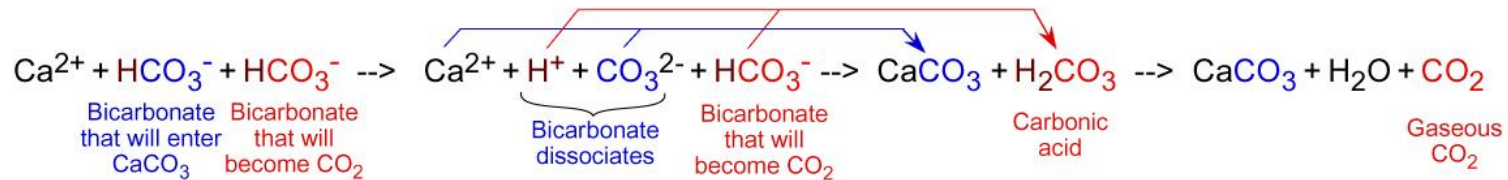
The ultimate fundamental chemical expression of the precipitation of CaCO₃ is this reaction:



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:

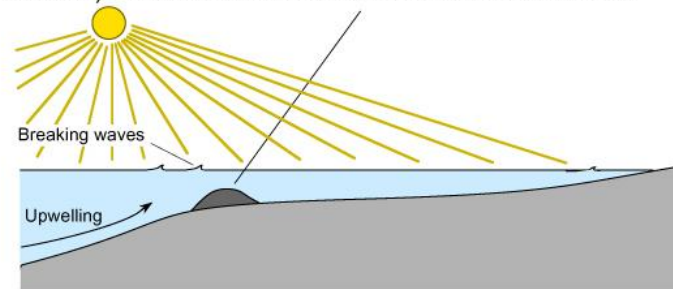


The reaction in bold letters shows that any natural process removing CO₂ from a solution favors precipitation of CaCO₃.

That helps explain why CaCO₃ precipitates when

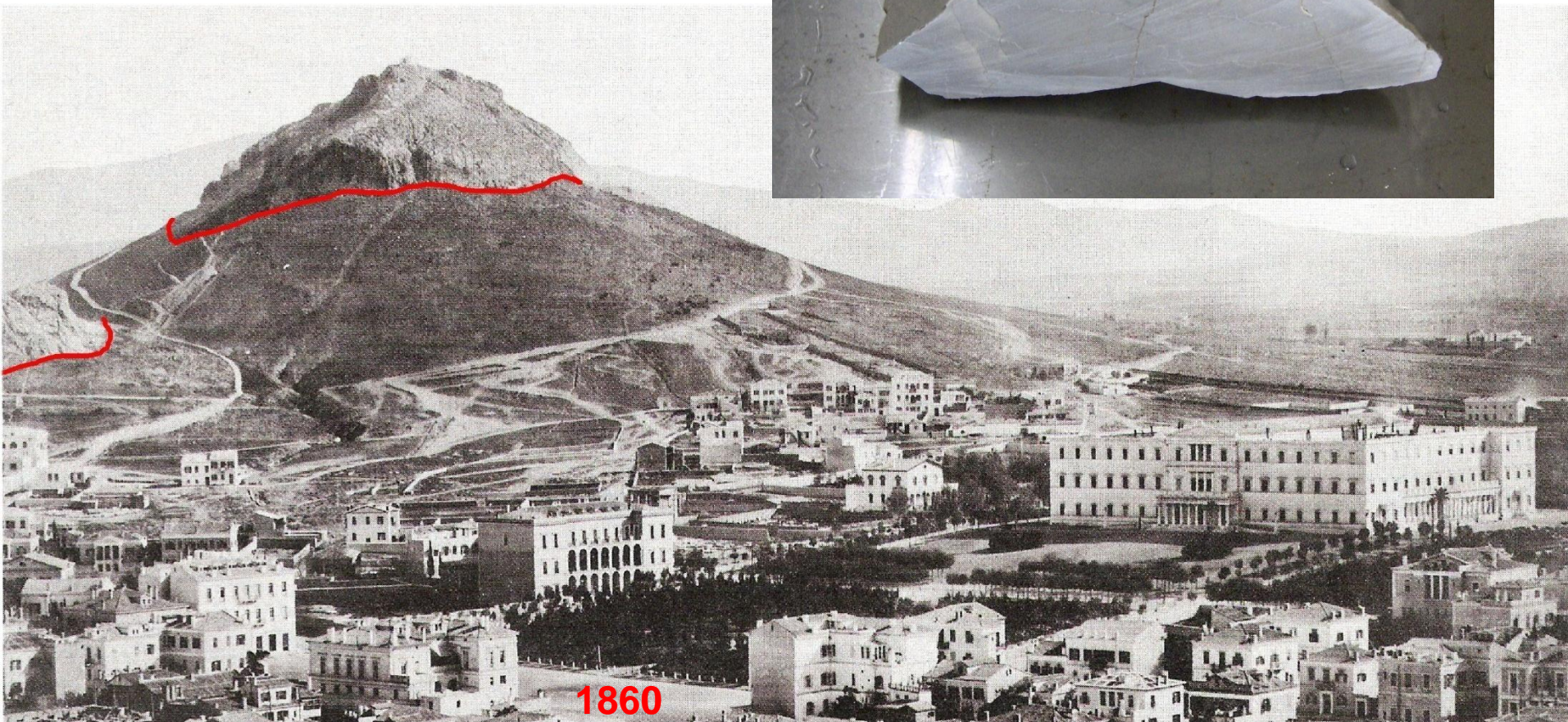
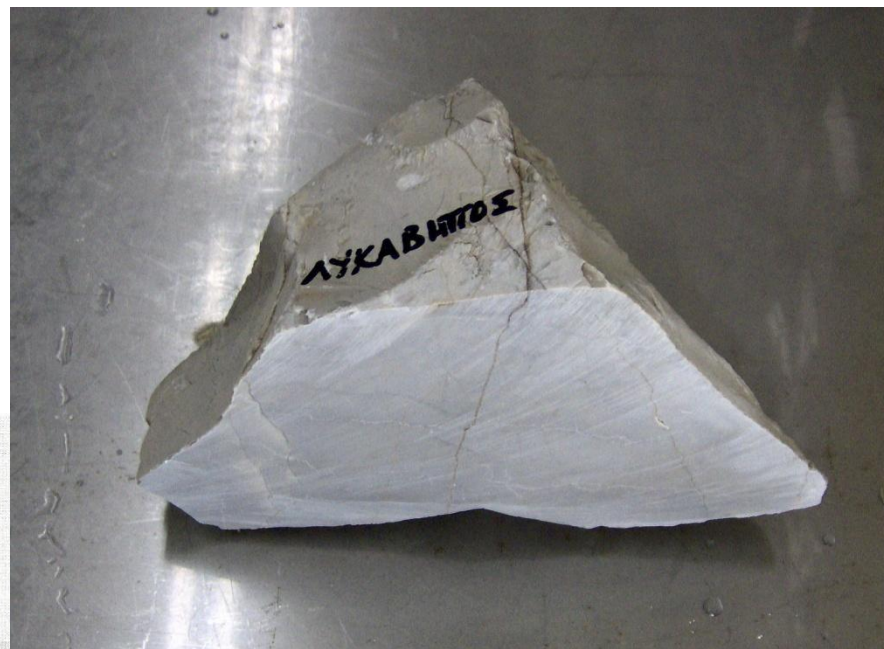
1. CO₂ degasses from dripwaters in caves,
2. CO₂ degasses from springs at which travertine forms,
3. CO₂ degasses at travertine dams,
4. CO₂ degasses with warming of seawater,
5. CO₂ degasses with agitation of seawater by waves,
6. CO₂ degasses with upwelling of seawater,
7. CO₂ is removed from water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

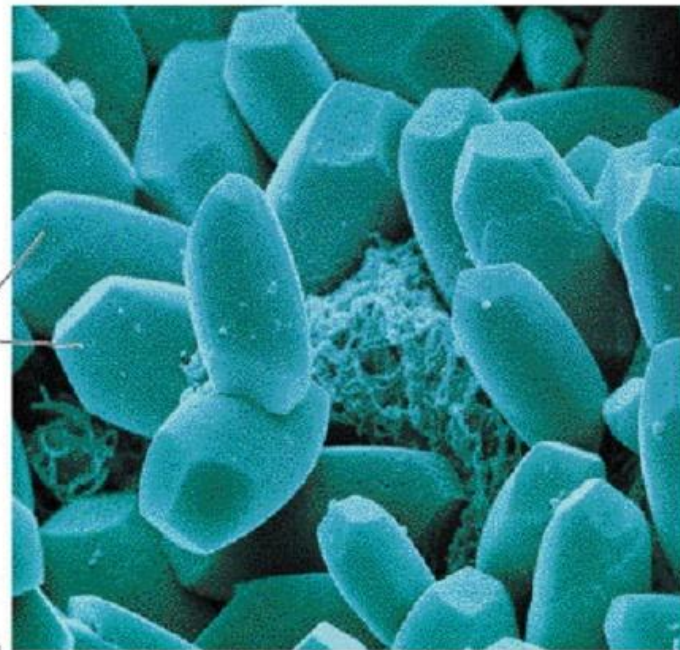
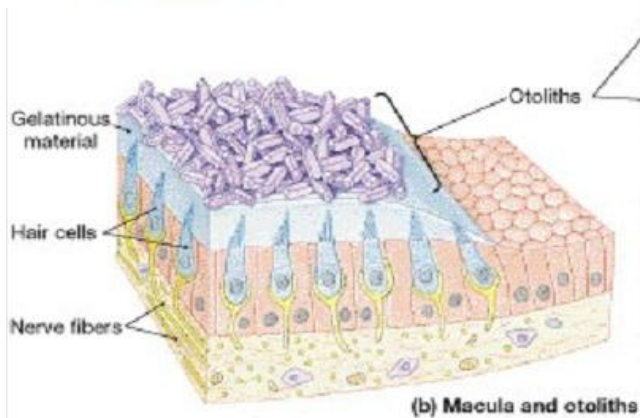
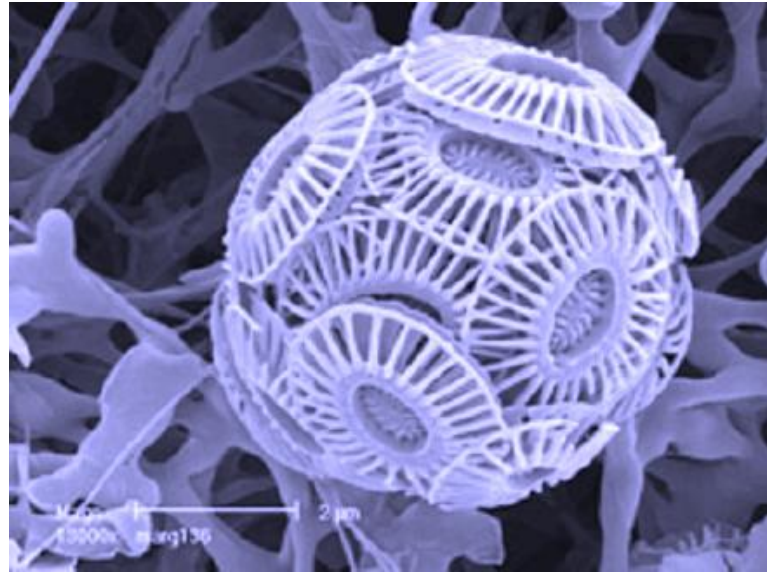
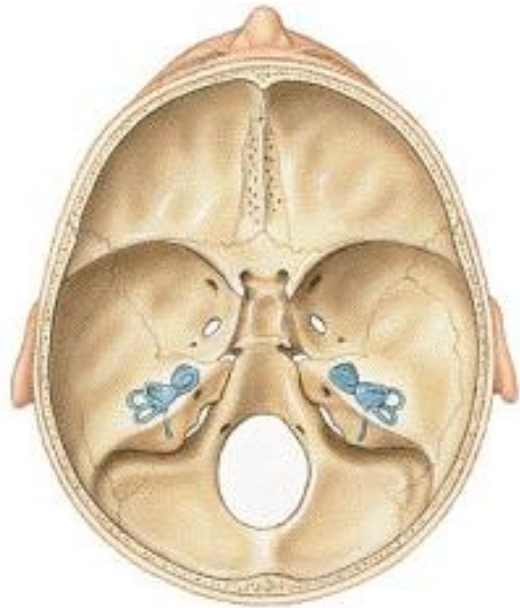


There is a corresponding page titled "Reactions for the dissolution of CaCO₃".

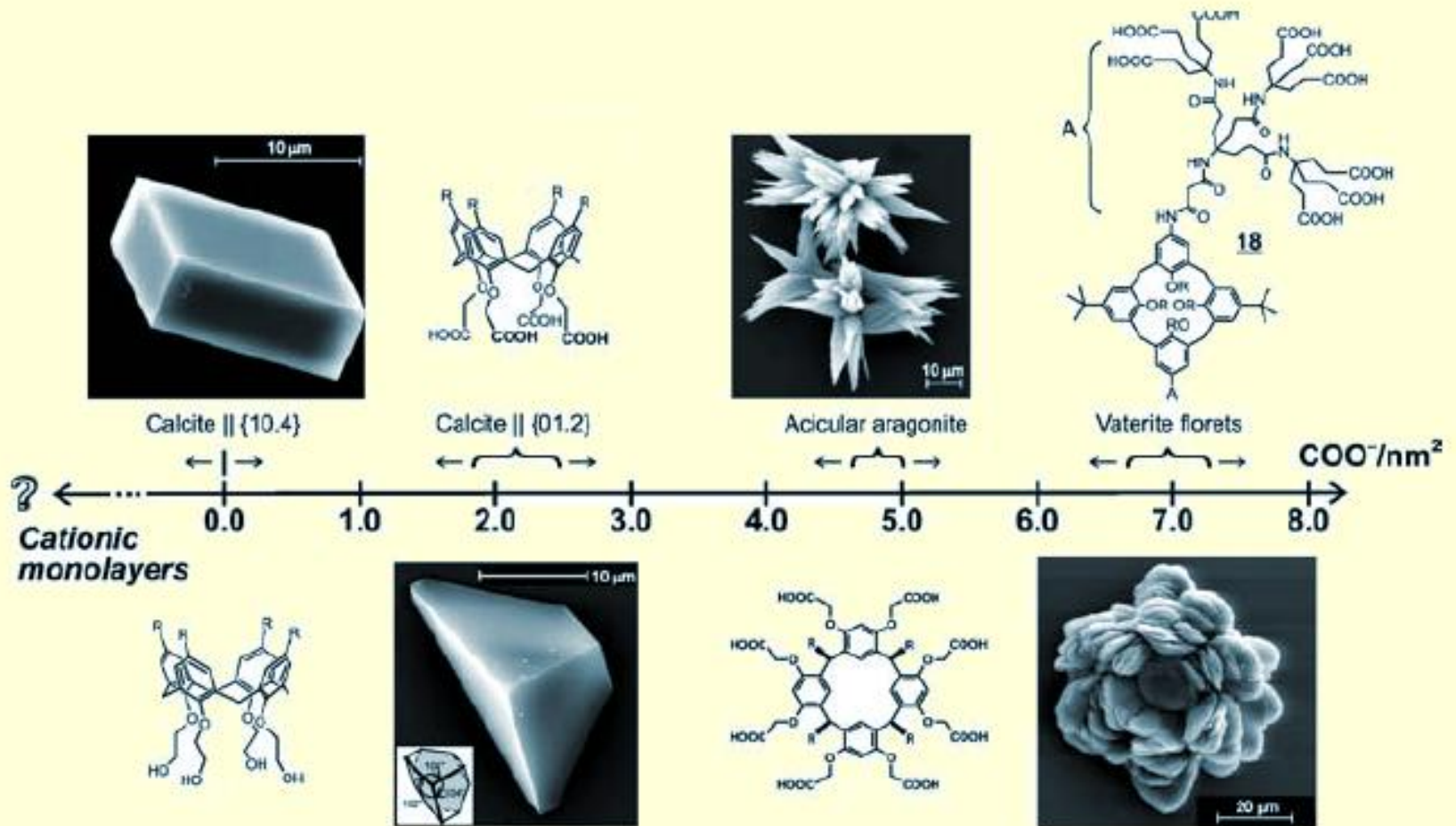
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ ΛΥΚΑΒΗΤΤΟΥ



ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ : CaCO_3

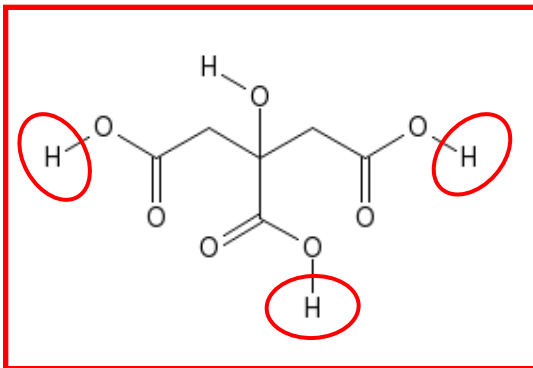
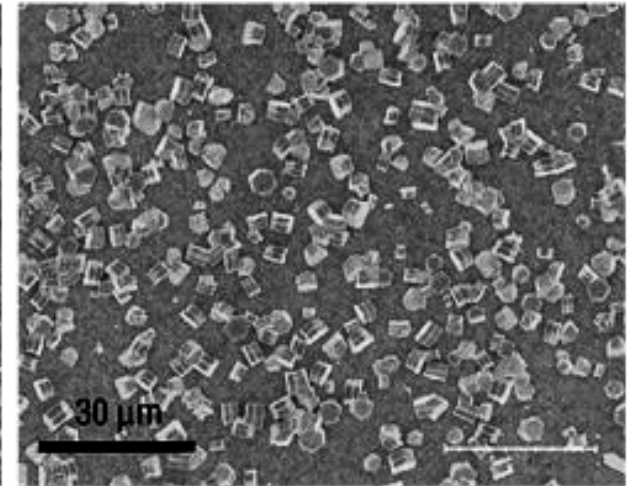
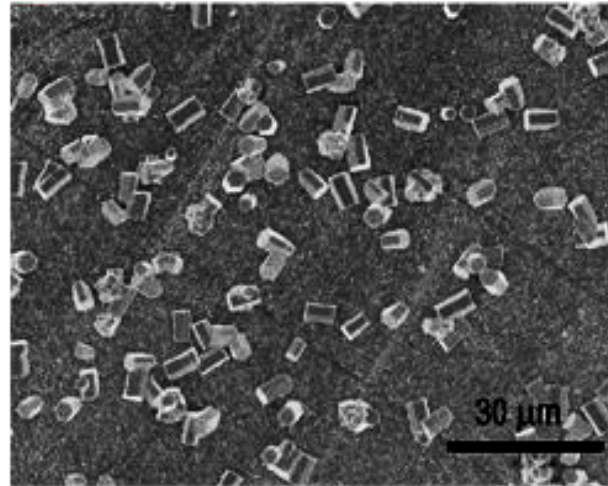
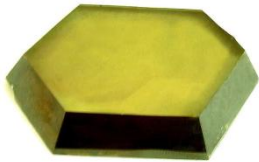


ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΣ ΤΟΥ CaCO_3 ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΥΜΕΝΙΑ ΜΑΚΡΟΚΥΚΛΙΚΩΝ ΠΟΛΥ-ΟΞΕΩΝ



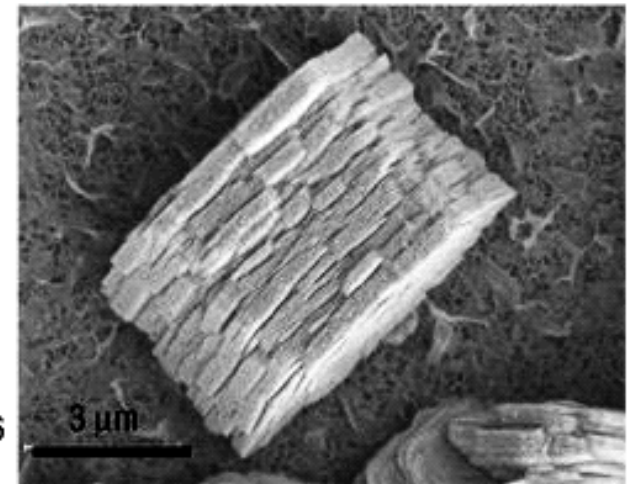
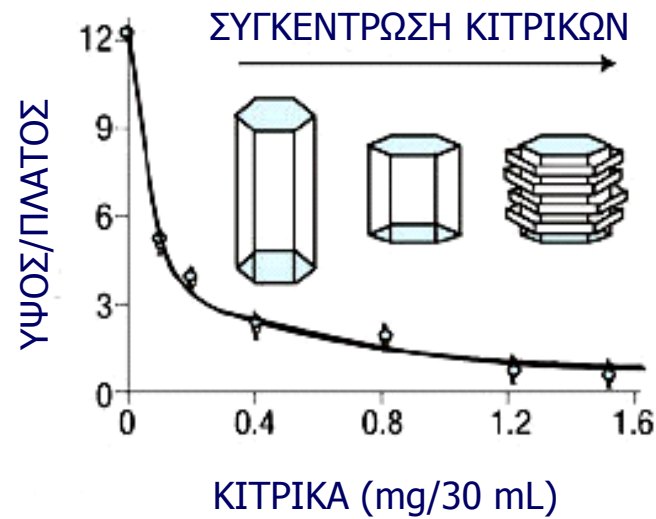
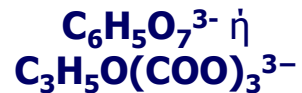
ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ ZnO (ΖΙΝΚΙΤΗΣ)

Εξαγωνικό

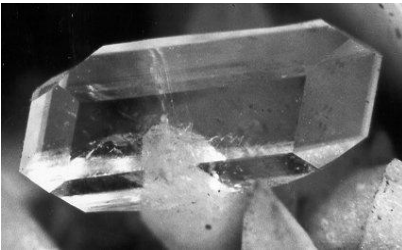


ΚΙΤΡΙΚΟ ΟΞΥ: $C_6H_8O_7$

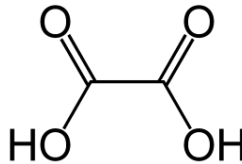
ΚΙΤΡΙΚΑ ΑΝΙΟΝΤΑ:



ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ή COM (ΓΟΥΕΓΟΥΕΛΙΤΗΣ)



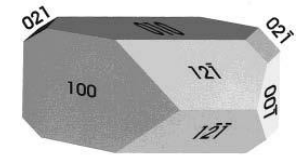
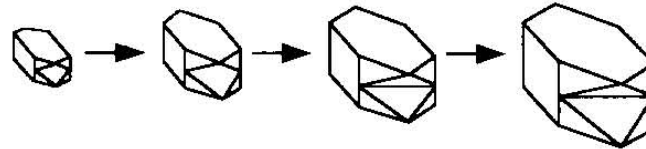
Μονοκλινές



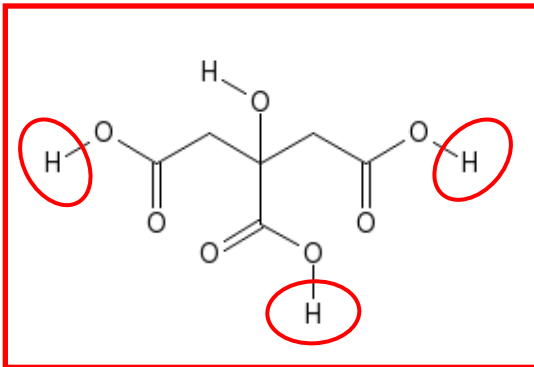
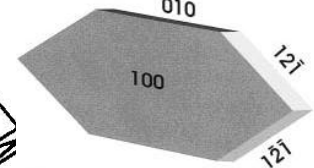
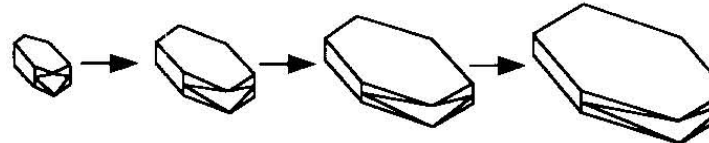
ΟΞΑΛΙΚΟ ΟΞΥ: $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$

ΟΞΑΛΙΚΑ ΑΝΙΟΝΤΑ:
 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ή $(\text{COO})_2^{2-}$

ΚΑΝΟΝΙΚΗ (ΙΣΟΤΡΟΠΗ) ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ



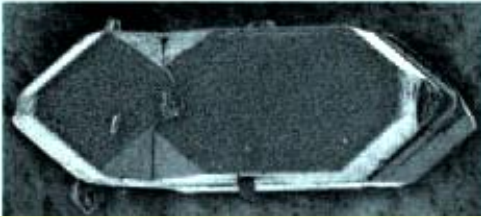
ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΚΙΤΡΙΚΩΝ
(Έρευνα 1992)



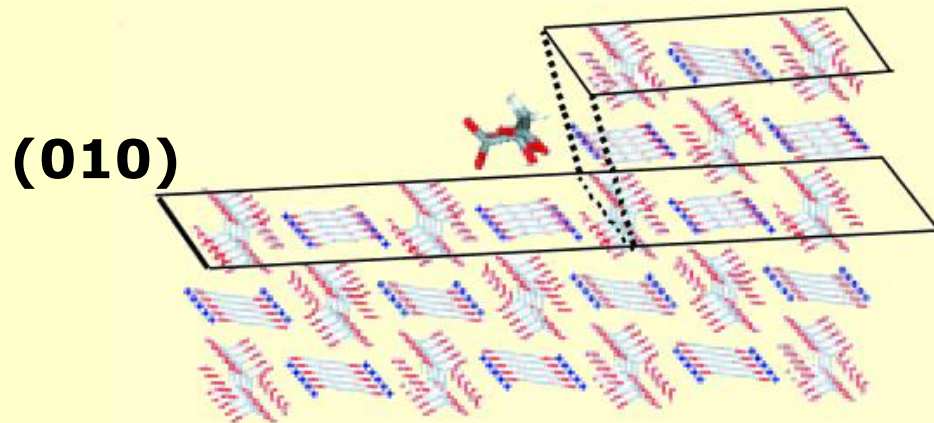
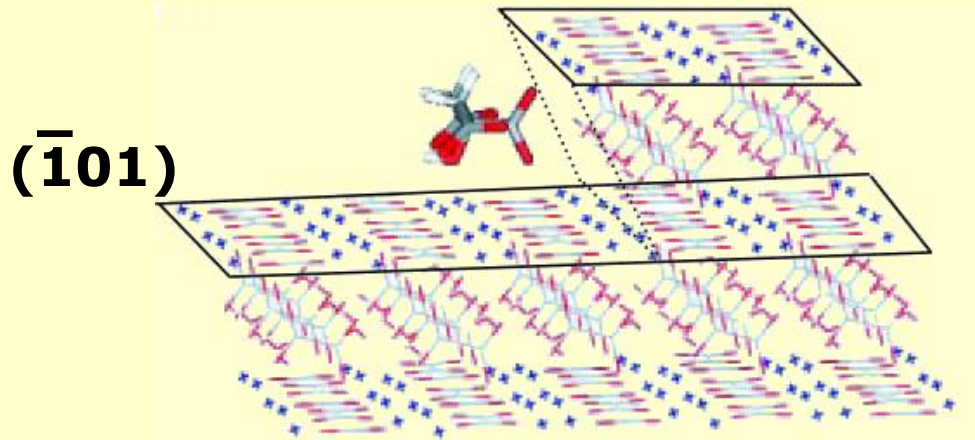
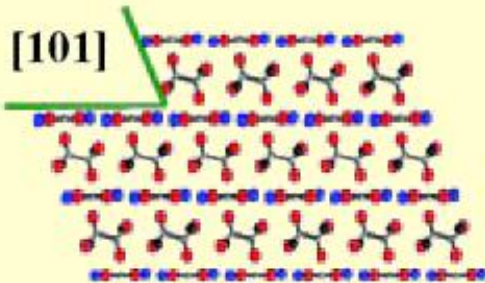
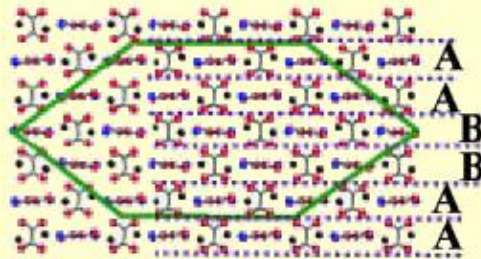
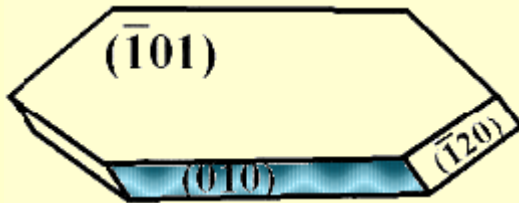
ΚΙΤΡΙΚΟ ΟΞΥ: $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$

ΚΙΤΡΙΚΑ ΑΝΙΟΝΤΑ:
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$ ή
 $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COO})_3^{3-}$

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗΣ (Crystal Growth Inhibition)



ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΚΙΤΡΙΚΩΝ
(Έρευνα 2004)



* Μελέτη της Εξωτερικής
Μορφολογίας Κρυστάλλων
(ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ)

* Μελέτη της Δομής
με Περίθλαση Ακτίνων-Χ
(ΔΟΜΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ)

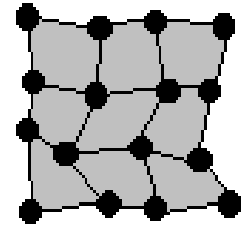
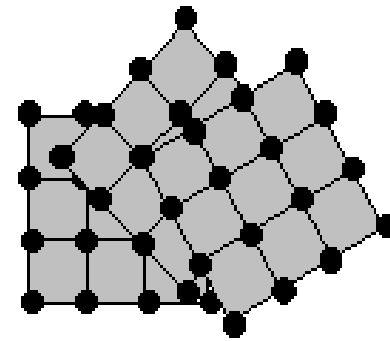
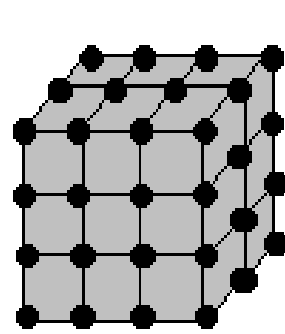
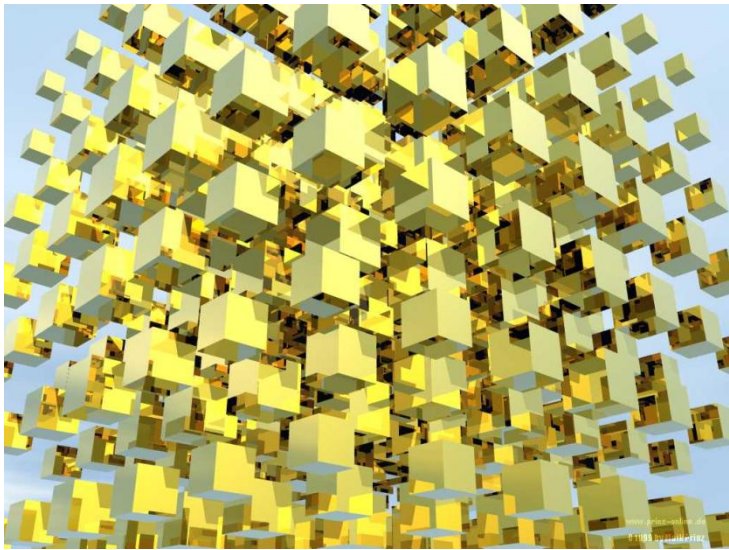
* Μελέτη της συμπεριφοράς των Κρυστάλλων
στη δίοδο του Φωτός μέσα από τη μάζα τους
(ΟΠΤΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ)

ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

- ΑΕΡΙΑ
- ΥΓΡΗ
- ΣΤΕΡΕΑ

ΣΤΕΡΕΑ ΥΛΙΚΑ

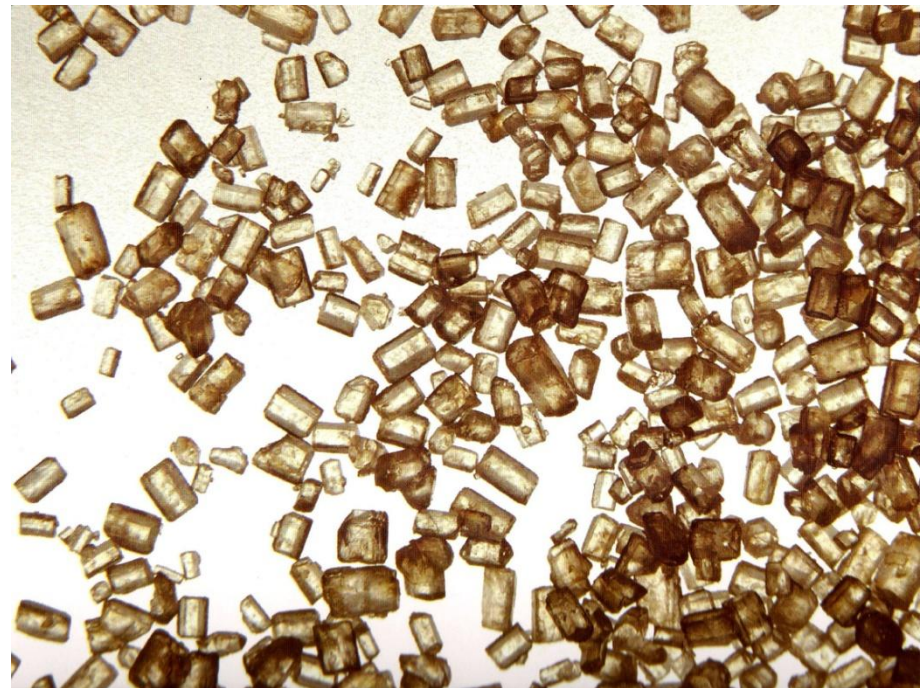
- * Κρυσταλλικά
- * Άμορφα



Κρυσταλλικό

Πολυκρυσταλλικό

Άμορφο



ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

Κρύσταλλοι	Τύπος Δεσμού	Παράδειγμα
ΙΟΝΤΙΚΟΙ	Ετεροπολικός	NaCl
ΟΜΟΙΟΠΟΛΙΚΟΙ	Ομοιοπολικός	C (Διαμάντι)
ΜΟΡΙΑΚΟΙ	Ομοιοπολικός / Van Der Waals / Υδρογόνου	C₆H₁₂O₆
ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ	Μεταλλικός	Fe

Ενδιάμεσες καταστάσεις : **ΓΡΑΦΙΤΗΣ**

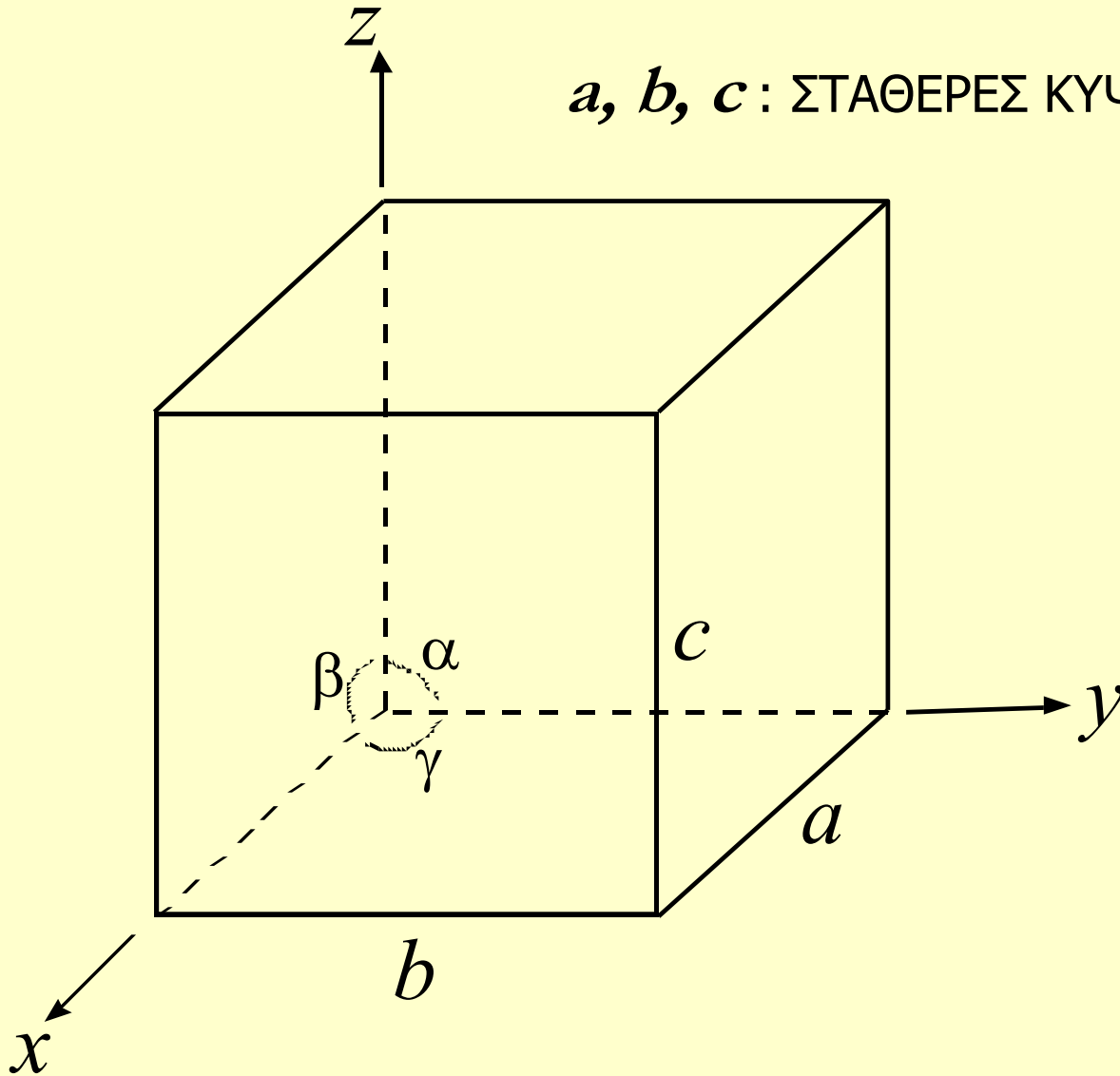
*Το κύριο χαρακτηριστικό
των κρυσταλλικών στερεών
είναι η περιοδικότητα και η τάξη
στην δομή τους*

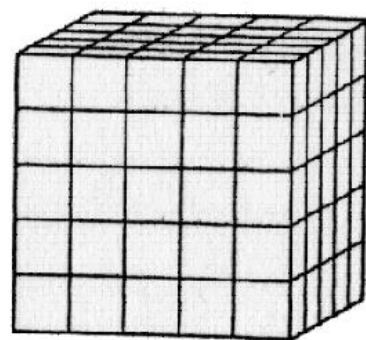
- **ΜΟΝΑΔΙΑΙΑ ΚΥΨΕΛΙΔΑ
(Unit Cell)**
- **ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΠΛΕΓΜΑ
(Crystal Lattice)**

ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ

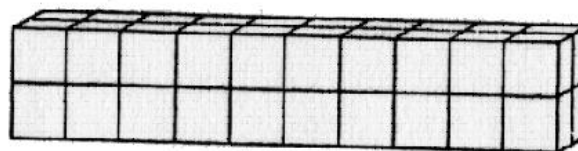
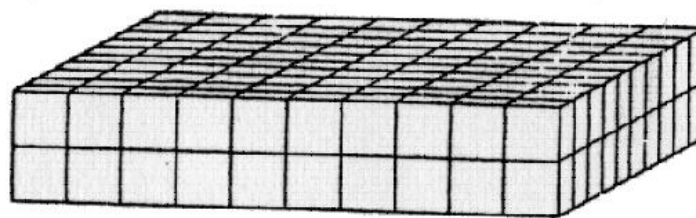
x, y, z : ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ

a, b, c : ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ

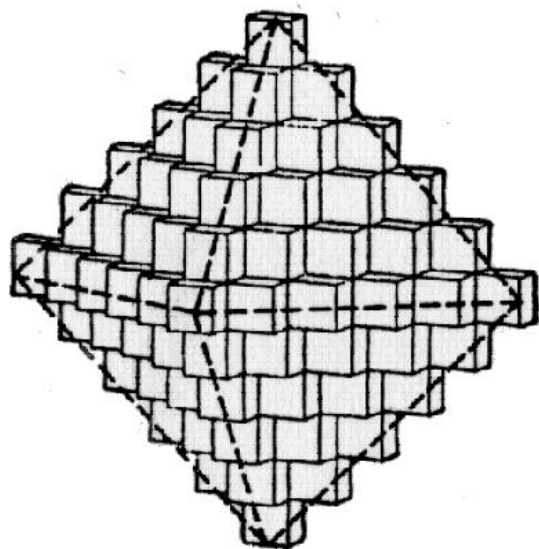




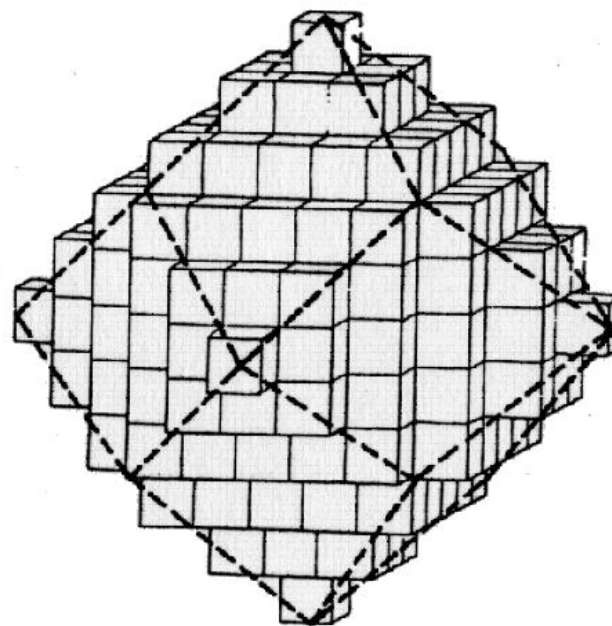
(a)



(b)

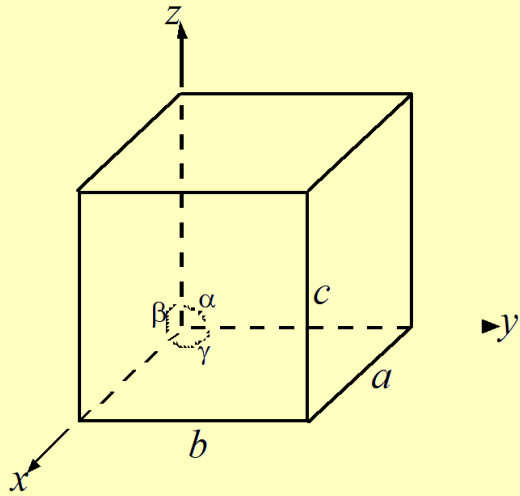


(c)

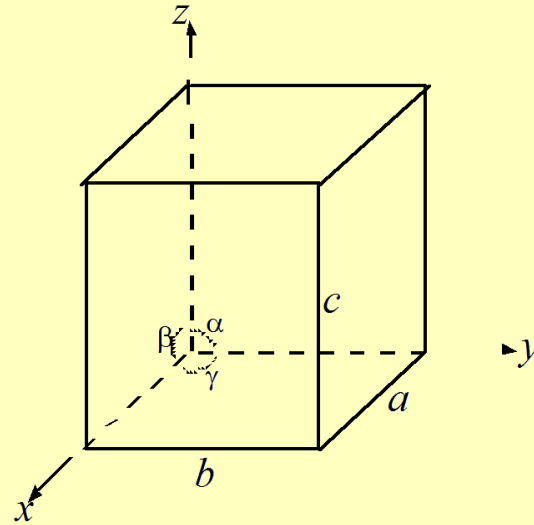


(d)

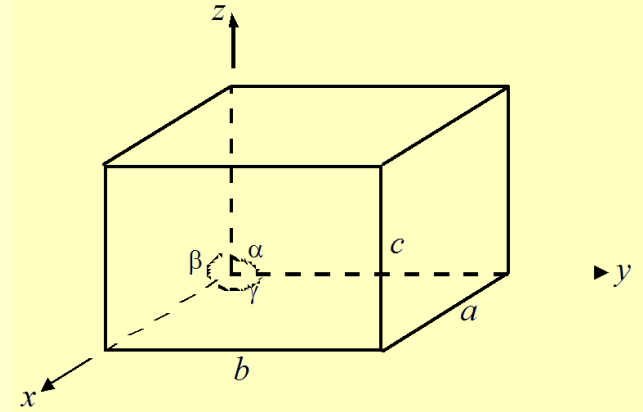
ΚΥΒΙΚΟ



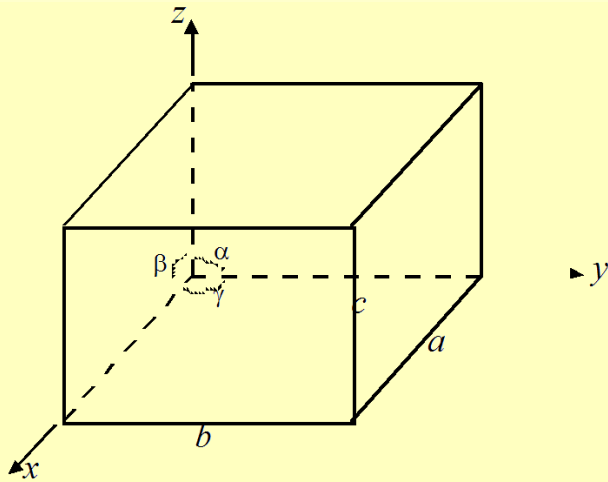
ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ



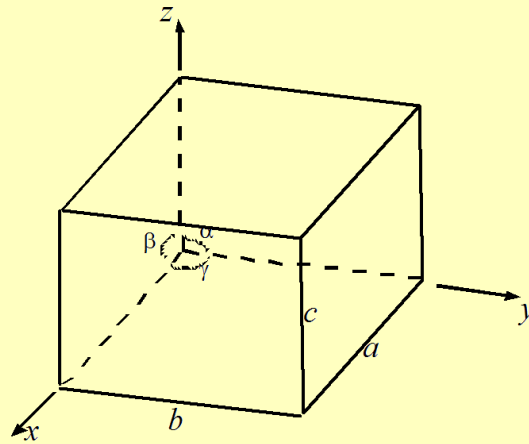
ΡΟΜΒΙΚΟ



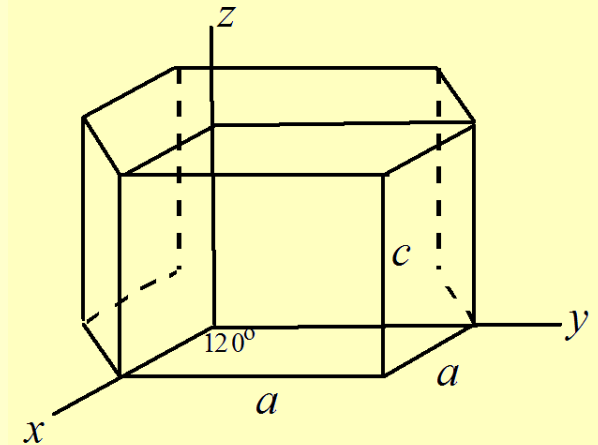
ΜΟΝΟΚΛΙΝΕΣ

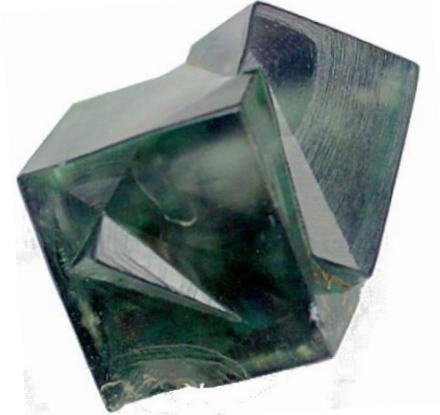


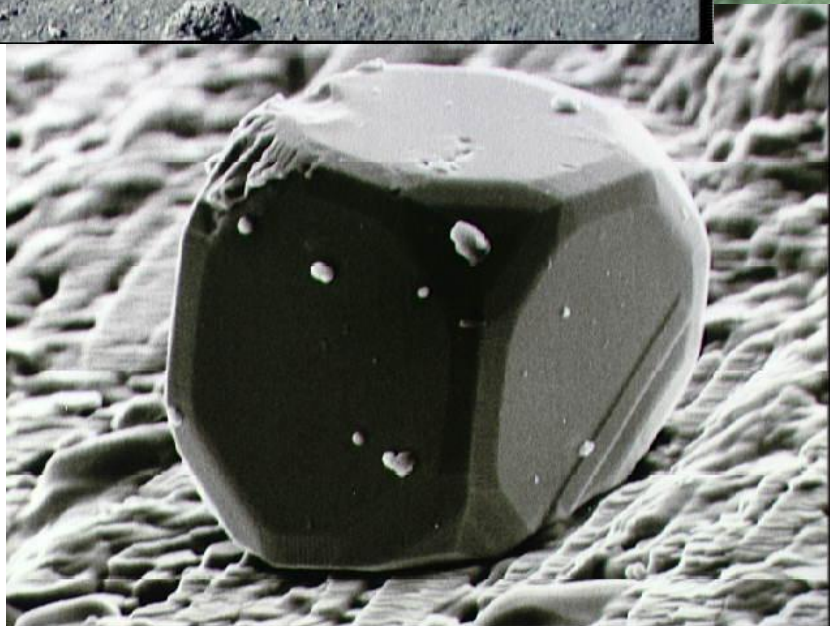
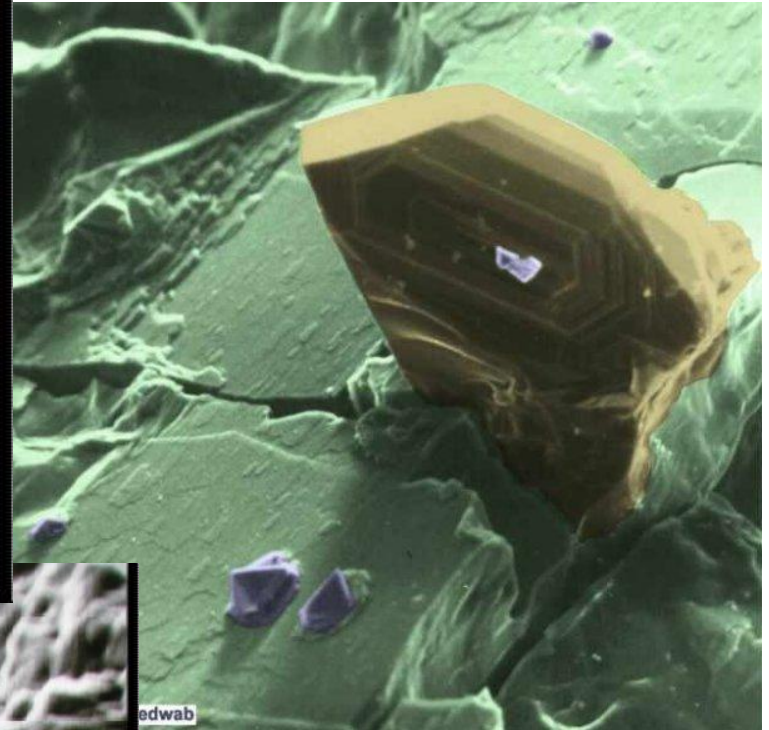
ΤΡΙΚΛΙΝΕΣ

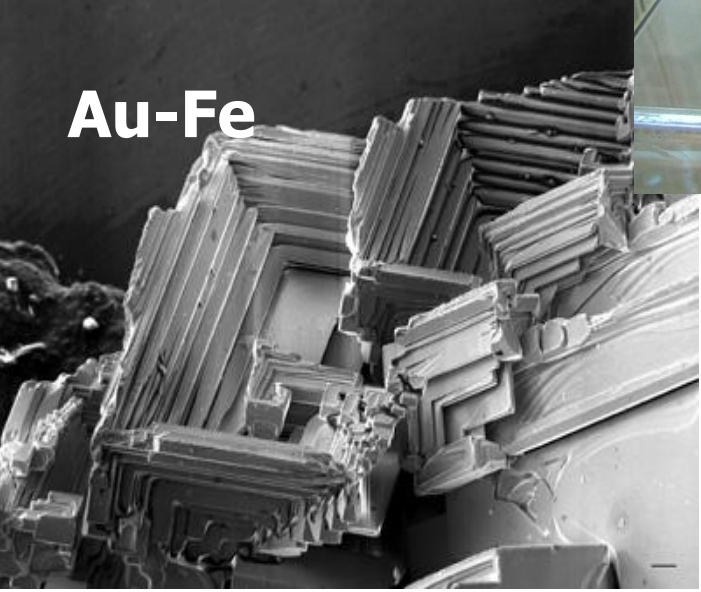
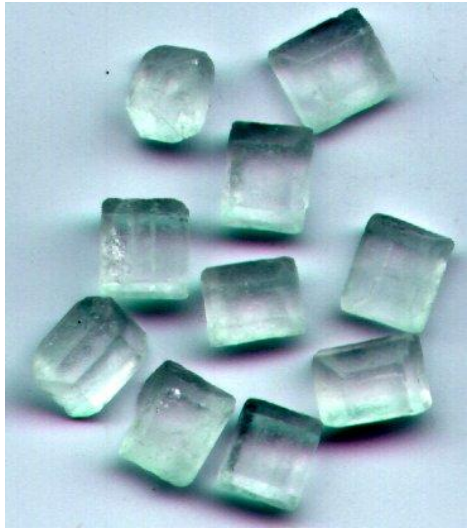
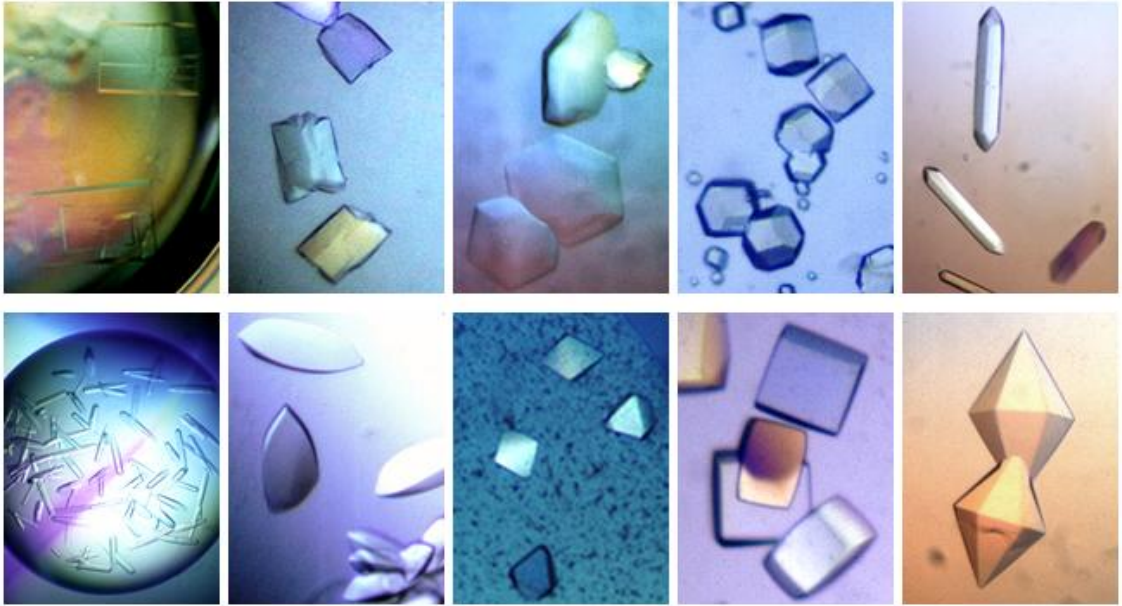


ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ - ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ

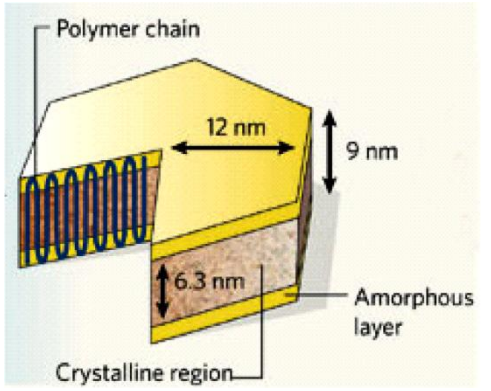






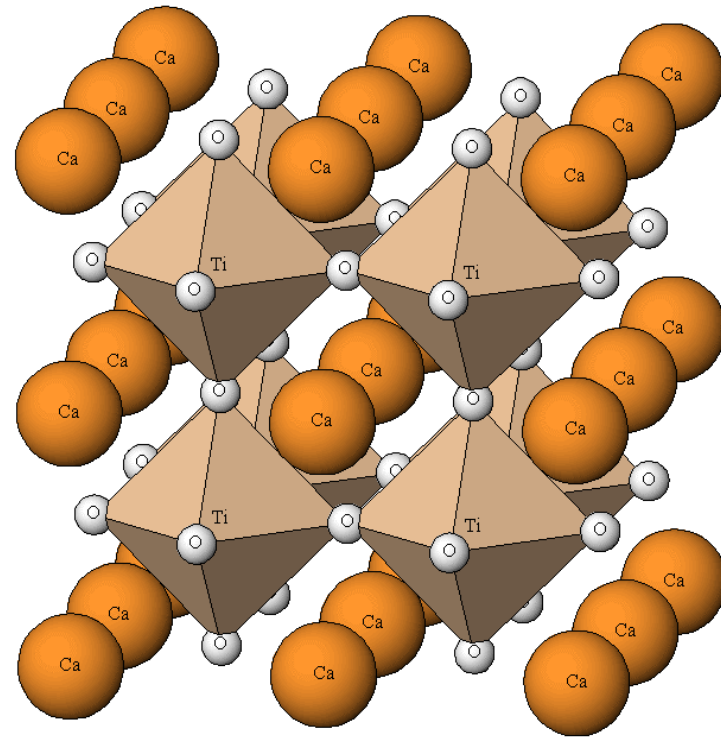
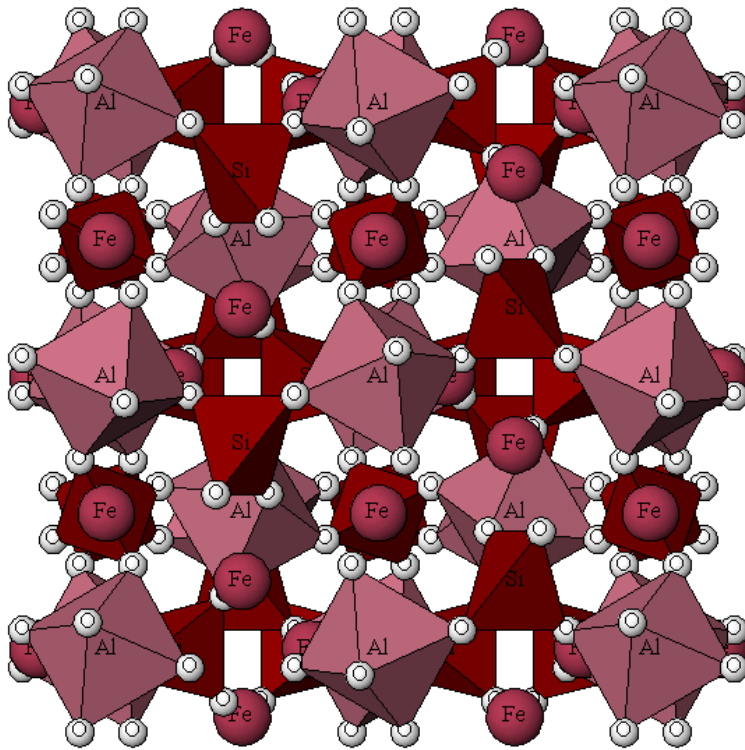


Au-Fe



Μελέτη Ορυκτών με Περίθλαση Ακτίνων-Χ

- ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΡΥΚΤΟΥ
- ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΟΜΗ



*Το κύριο χαρακτηριστικό
των κρυσταλλικών στερεών
είναι η περιοδικότητα και η τάξη
στην δομή τους*

- **ΜΟΝΑΔΙΑΙΑ ΚΥΨΕΛΙΔΑ
(Unit Cell)**

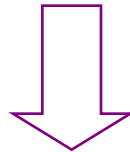
- **ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΠΛΕΓΜΑ
(Crystal Lattice)**

ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ

Συνήθειες “αταξίες”
στο ιδανικό κρυσταλλικό πλέγμα
(=δομή που ανταποκρίνεται πλήρως
στον θεωρητικό χημικό τύπο)

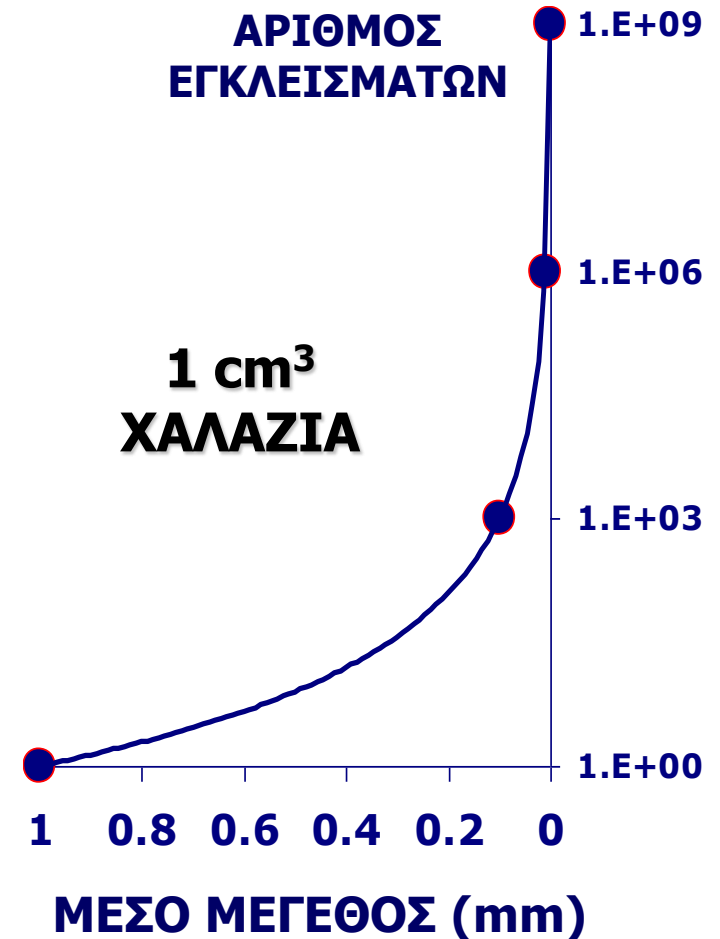
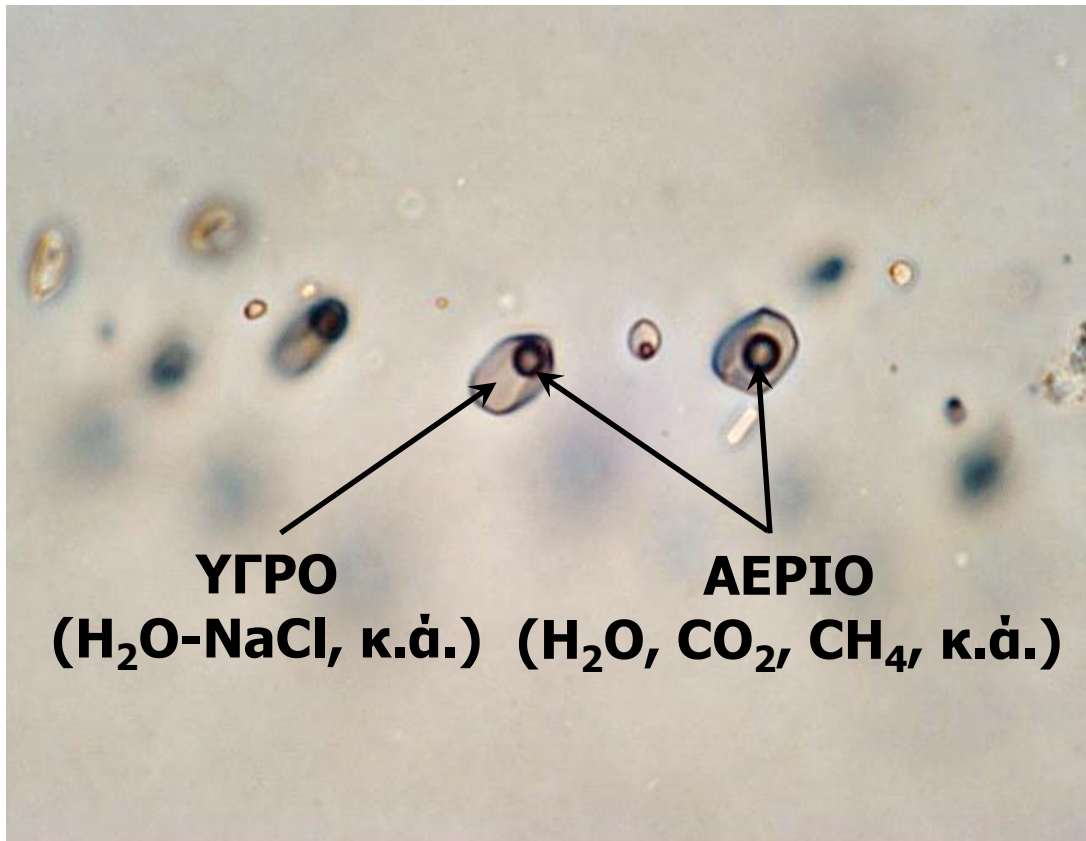
◆ ΡΕΥΣΤΑ ΕΓΚΛΕΙΣΜΑΤΑ

◆ ΑΤΕΛΕΙΕΣ



ΣΤΕΡΕΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ
(Solid Solutions)

ΡΕΥΣΤΑ ΕΓΚΛΕΙΣΜΑΤΑ (Fluid Inclusions)



ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (Defects)

ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ (Intrinsic Defects)

Frenkel
Schottky

Η ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑ ΔΙΑΤΗΡΕΙΤΑΙ

ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ (Extrinsic Defects)

Χρωματικά Κέντρα
Μή-Στοιχειομετρικές Φάσεις

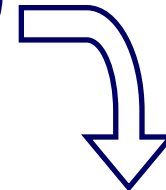


ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΑΤΕΛΕΙΕΣ
(Point Defects)



ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΑΤΕΛΕΙΕΣ
(Extended Defects)

Αταξία και ελαττώματα
στην ευθυγράμμιση των κυψελίδων
ΕΞΑΡΜΟΣΕΙΣ (Dislocations)



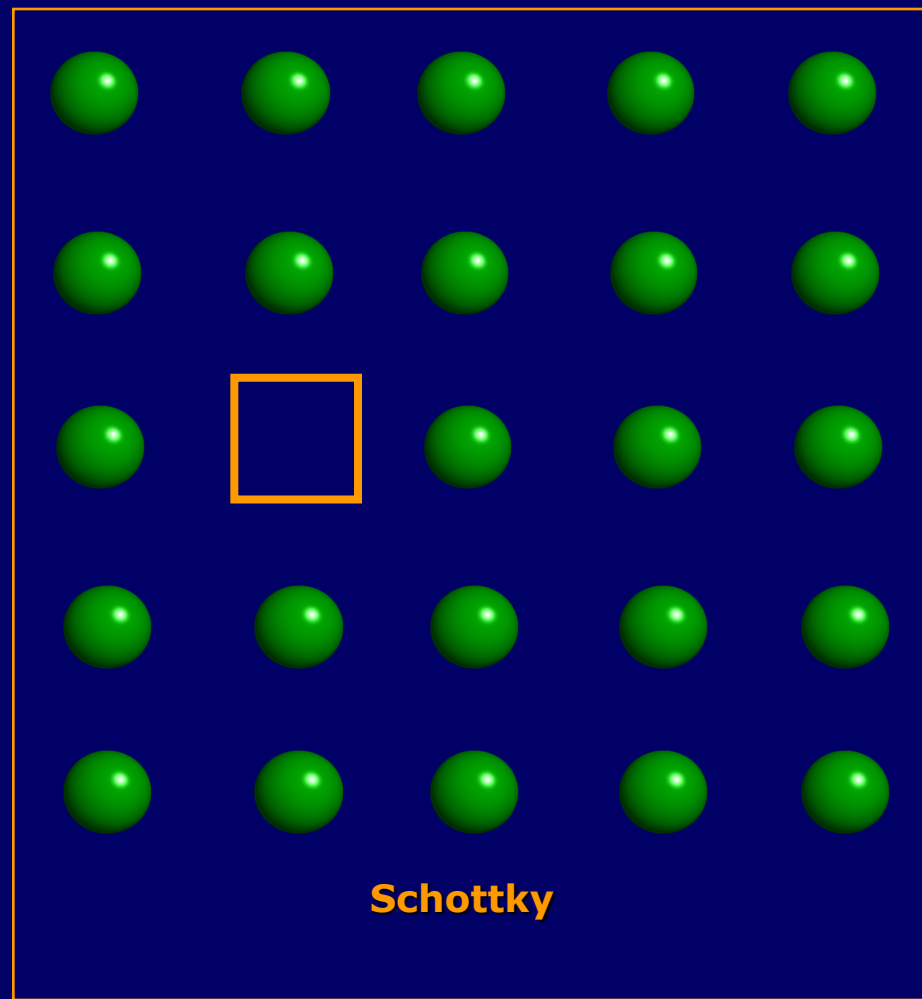
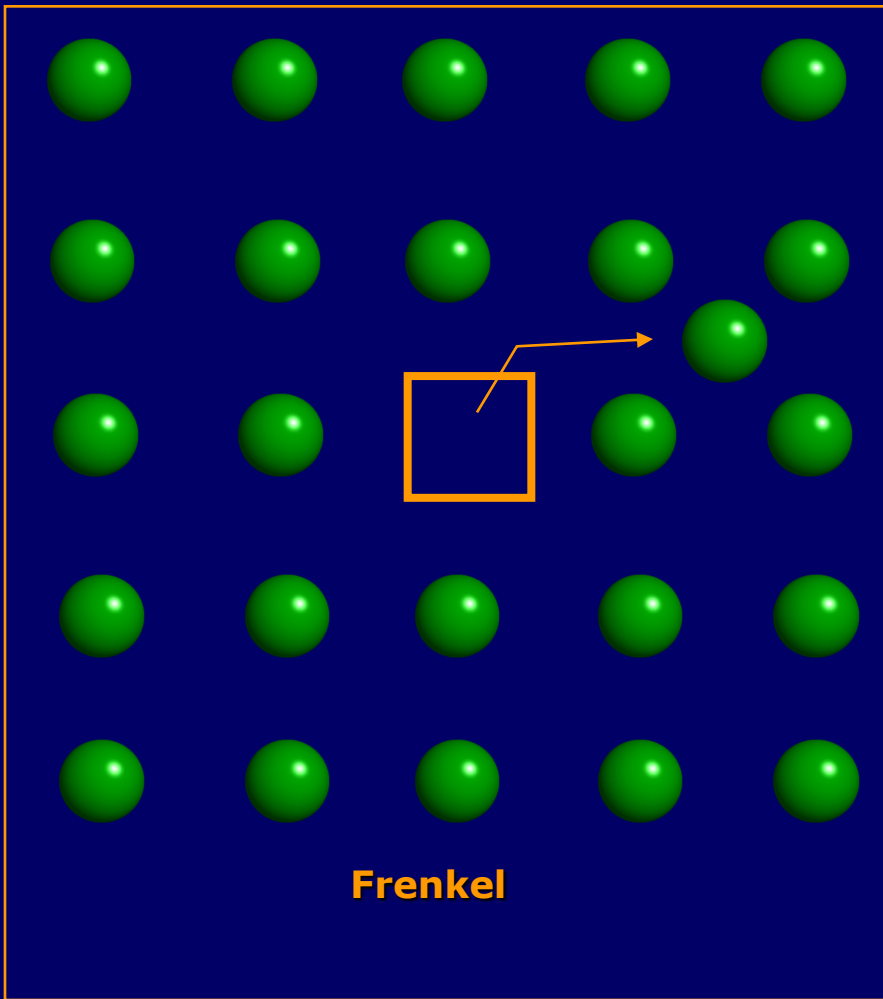
Αμορφοποίηση τμήματος
του κρυστάλλου (Partial
Amorphization)

ΣΤΕΡΕΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ **(Solid Solutions)**

ΠΑΡΑΛΕΙΨΗΣ
(Omission)

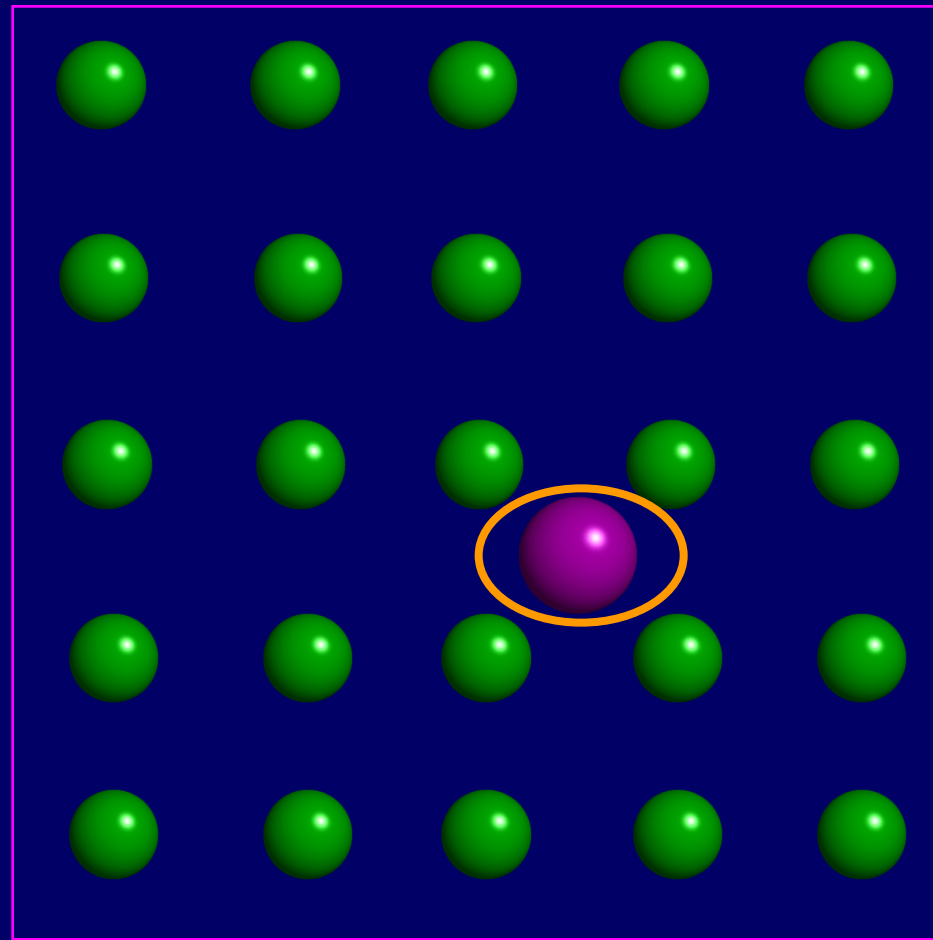
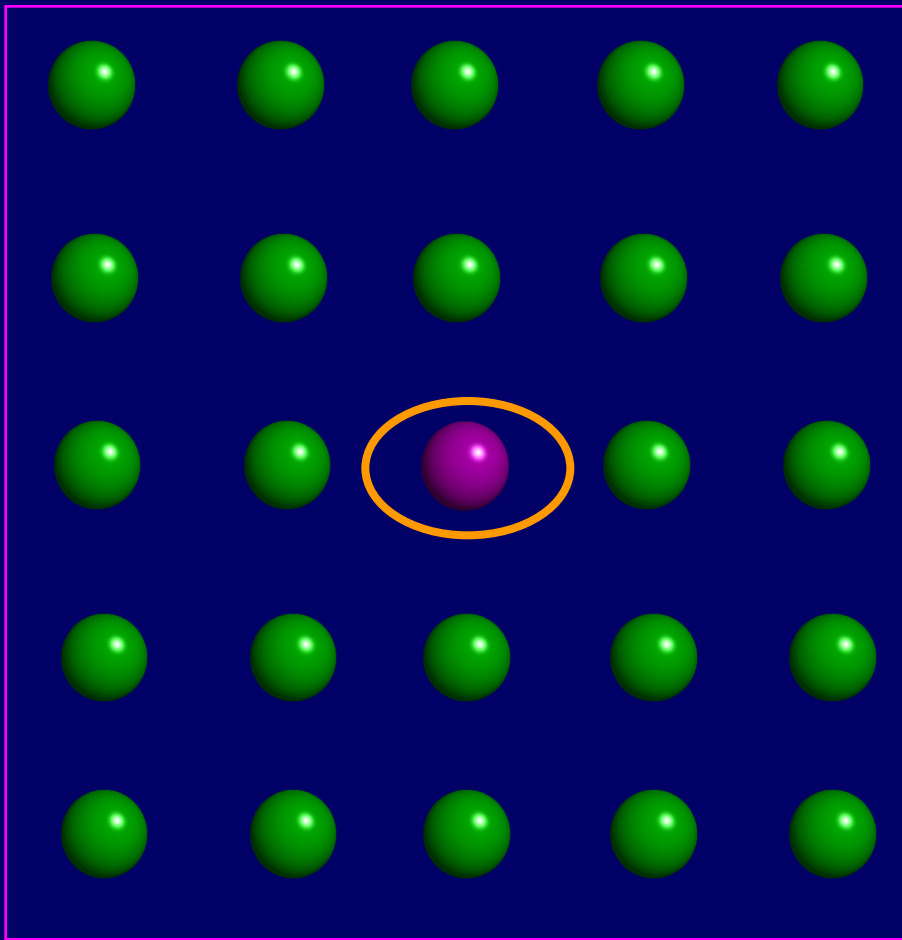
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
(Substitutional)

ΔΙΑΜΕΣΑ
(Interstitial)



ΣΤΕΡΕΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ
ΠΑΡΑΛΕΙΨΗΣ (Omission)

ΚΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ (Vacancies)



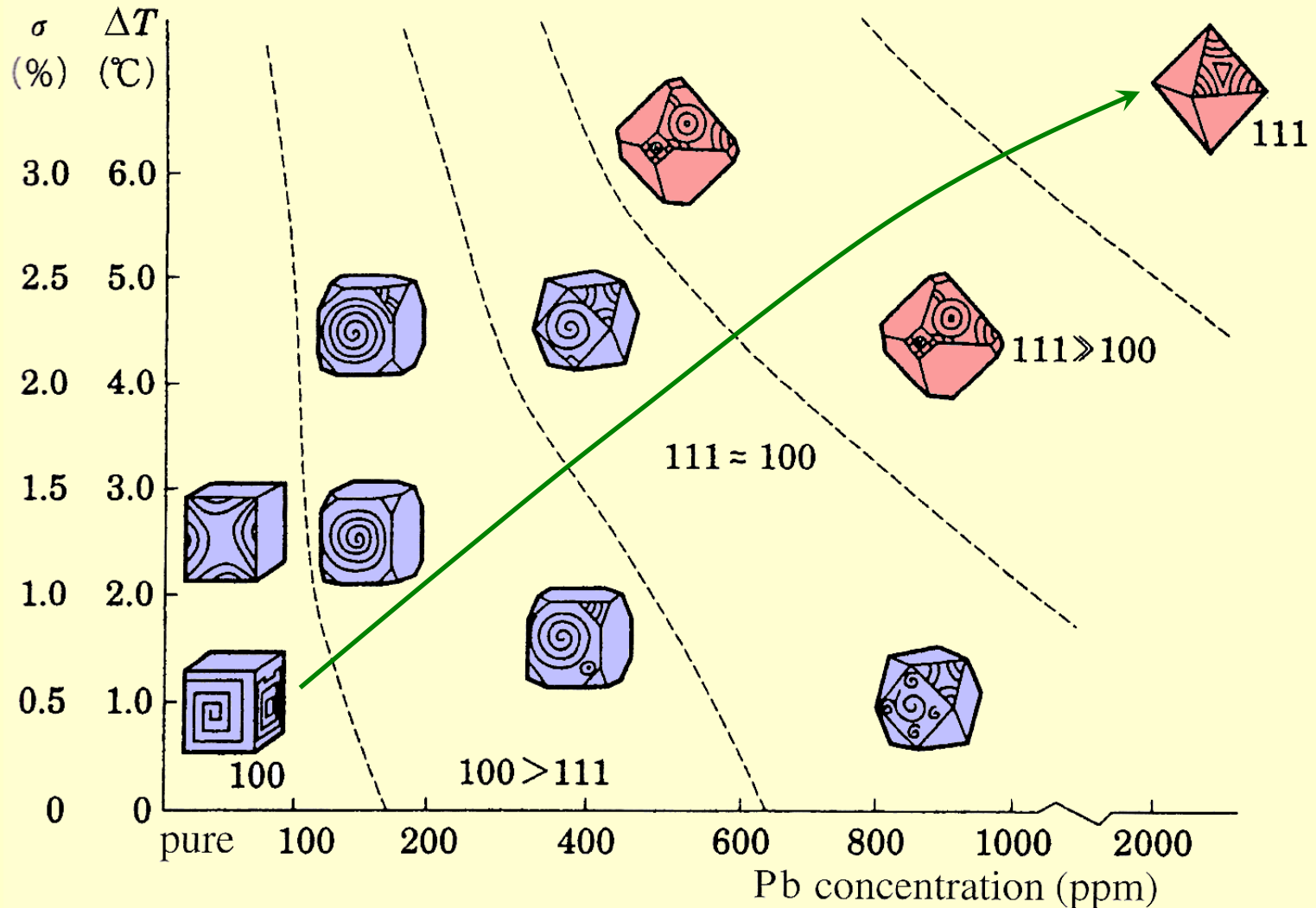
ΣΤΕΡΕΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
(Substitutional)

ΔΙΑΜΕΣΑ
(Interstitial)

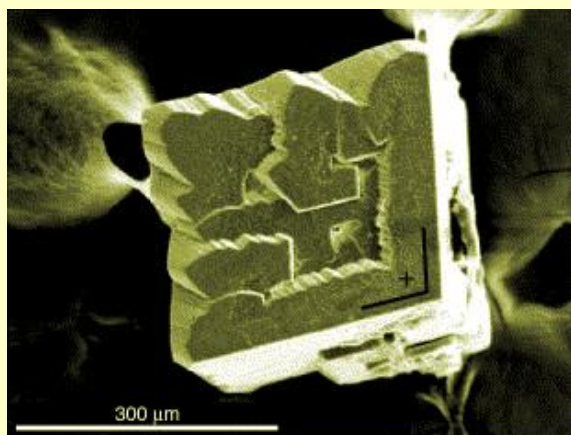
ΠΡΟΣΜΕΙΞΕΙΣ (Impurities)

Μορφοδρόμιο που δείχνει την μεταβολή της Περιβολής (Tracht) του **ΣΥΛΒΙΤΗ (KCl)** λόγω της παρουσίας **προσμιξέων Pb** κατά την κρυστάλλωση (σ =βαθμός υπερκορεσμού του διαλύματος KCl)

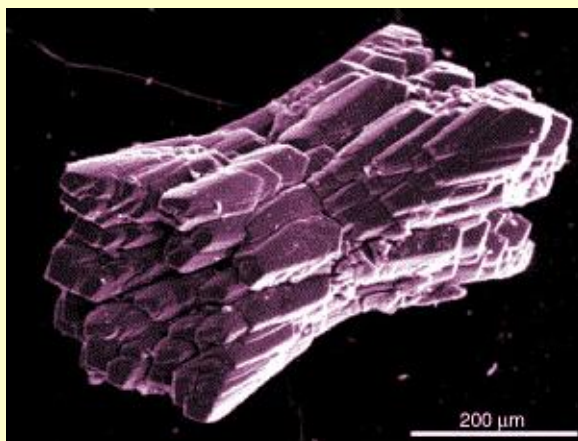


Μεταβολή της μορφολογίας μικροκρυστάλλων **ΑΣΒΕΣΤΙΤΗ** (CaCO_3)
λόγω της παρουσίας προσμείξεων δισθενών κατιόντων μετάλλων

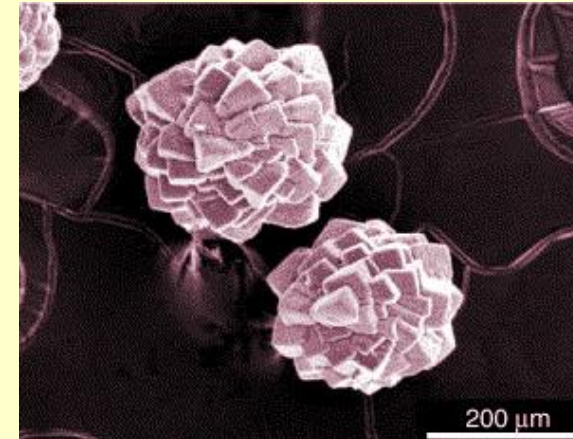
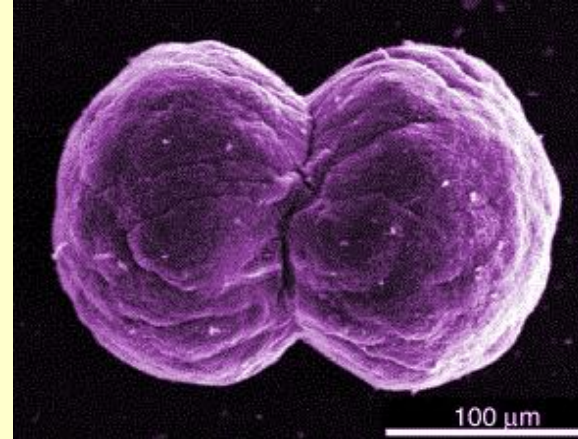
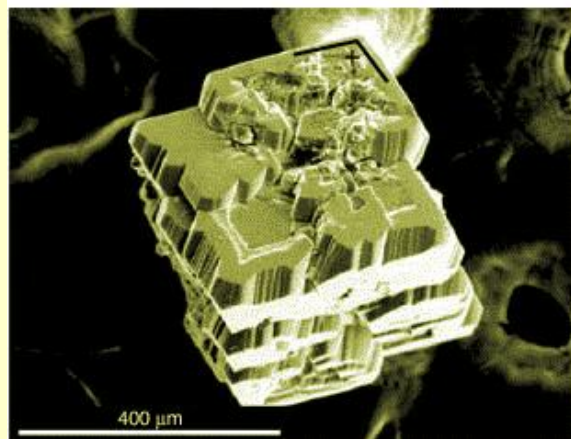
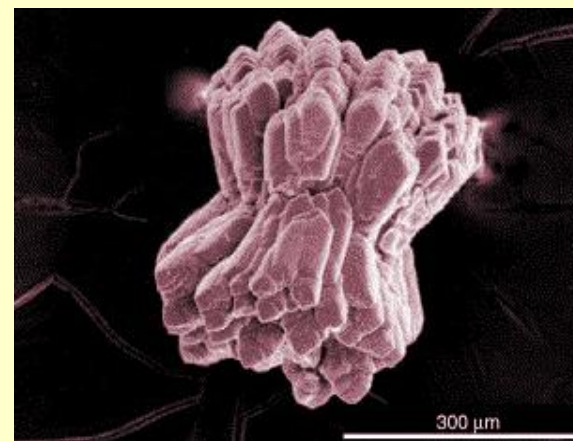
Sr²⁺



Co²⁺



Mn²⁺



20 April 2000

International weekly journal of science

nature

ISSN 0028-0836 (print) / ISSN 1473-2993 (online)

www.nature.com

Crystal growth speedometry

.....
Tuberculosis A new class of lipid antigens
.....

.....
Turbulent convection A single regime
.....

.....
Plant development Controlling flowering time
.....

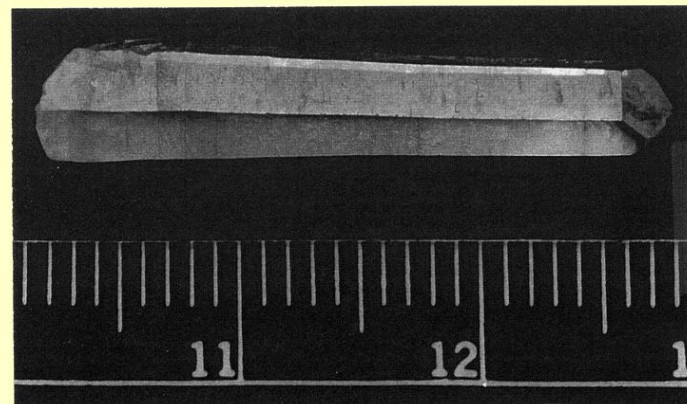
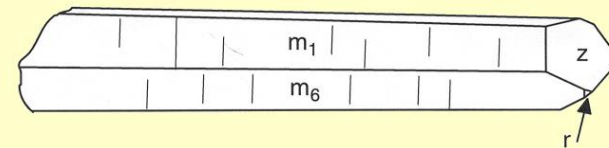
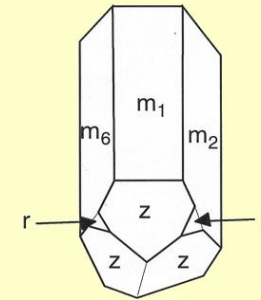
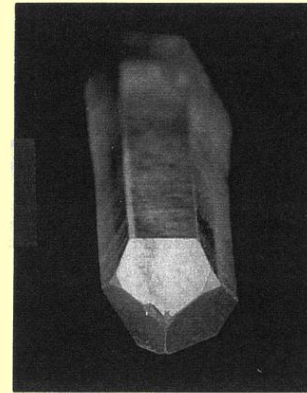


Επίδραση προσμείξεων με υδρογόνο στο σχήμα και στην ταχύτητα ανάπτυξης εδρών σε κρυστάλλους **ΧΑΛΑΖΙΑ (SiO₂)**

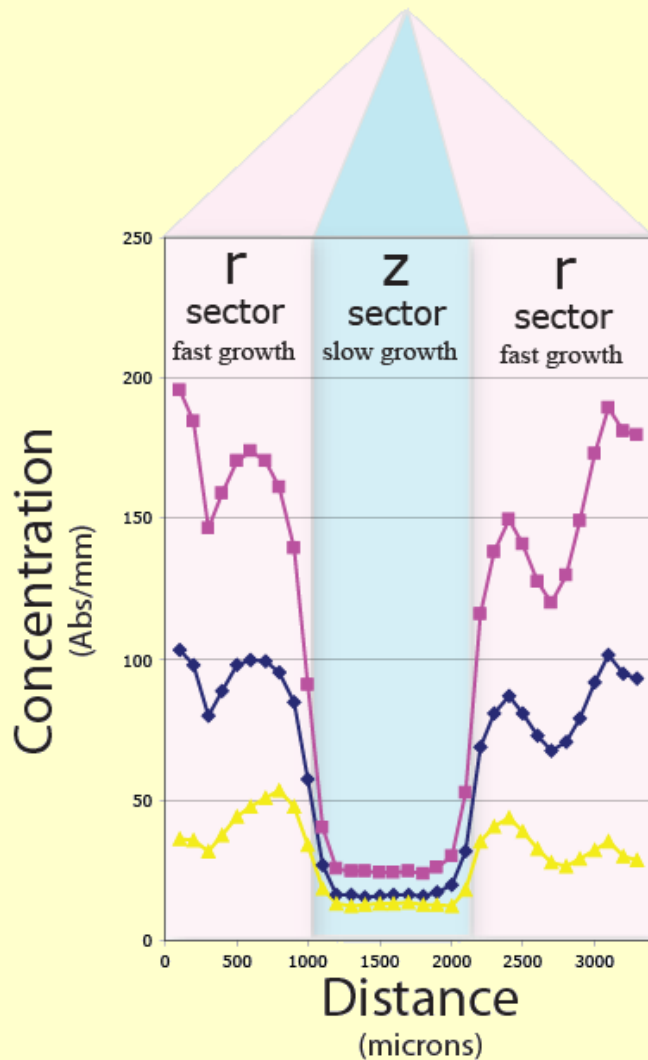
$\{1010\}$ 'm'

$\{01\bar{1}1\}$ 'r'

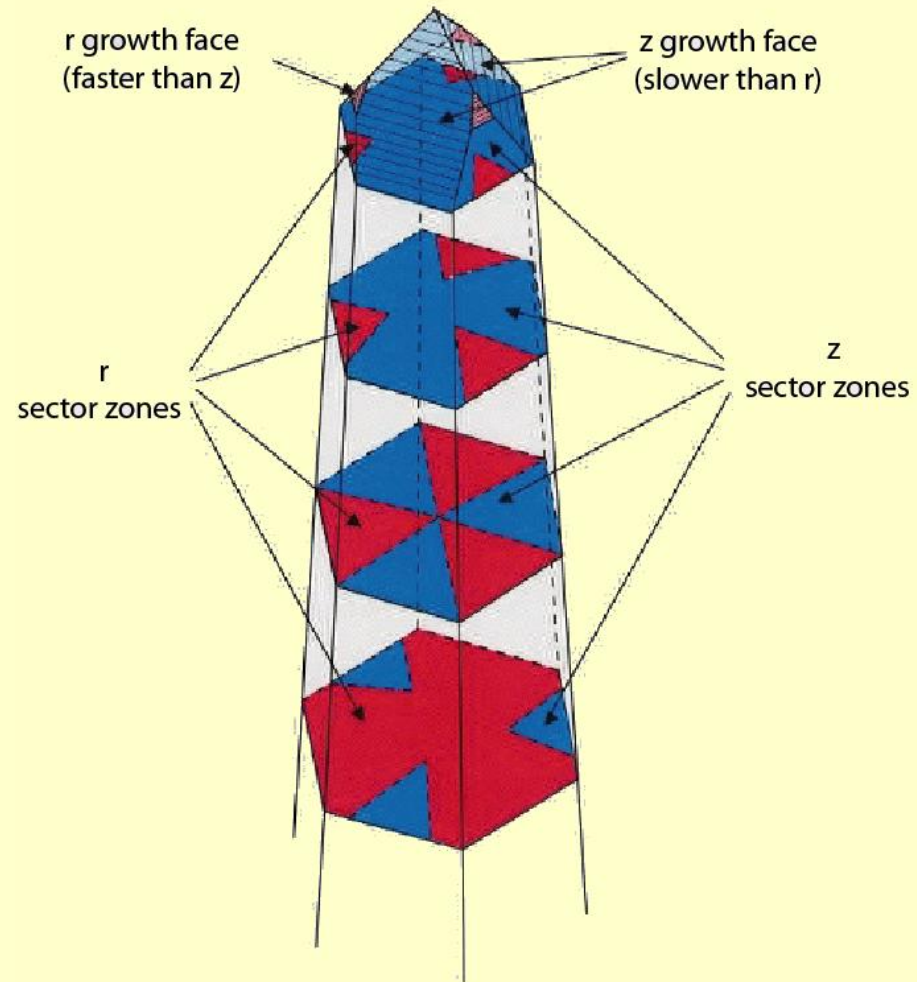
$\{10\bar{1}1\}$ 'z'



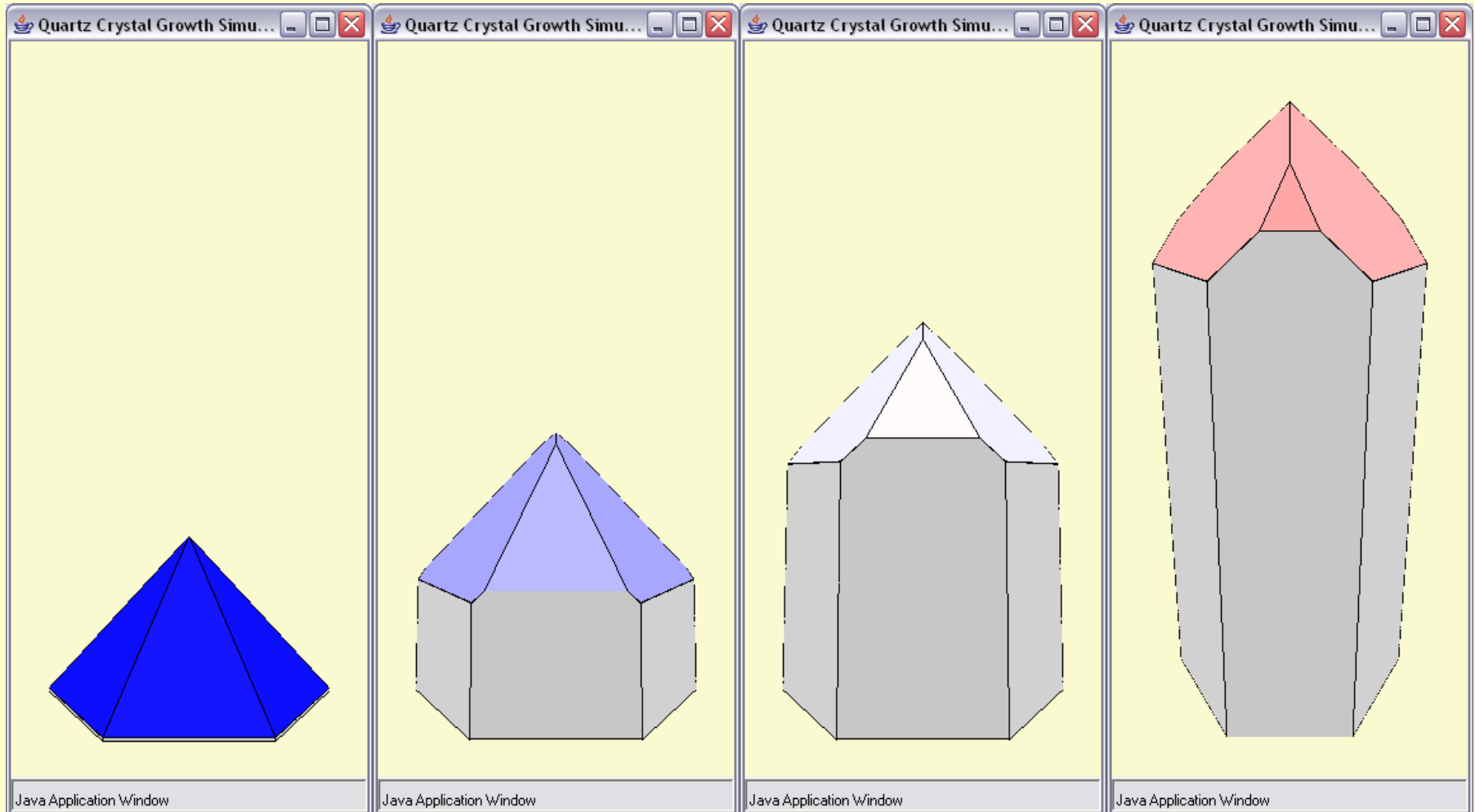
Επίδραση προσμειξεων με υδρογόνο στο σχήμα και στην ταχύτητα ανάπτυξης εδρών σε κρυστάλλους **ΧΑΛΑΖΙΑ (SiO₂)**



- AlOH
- ◆— HOH
- ▲— LiOH



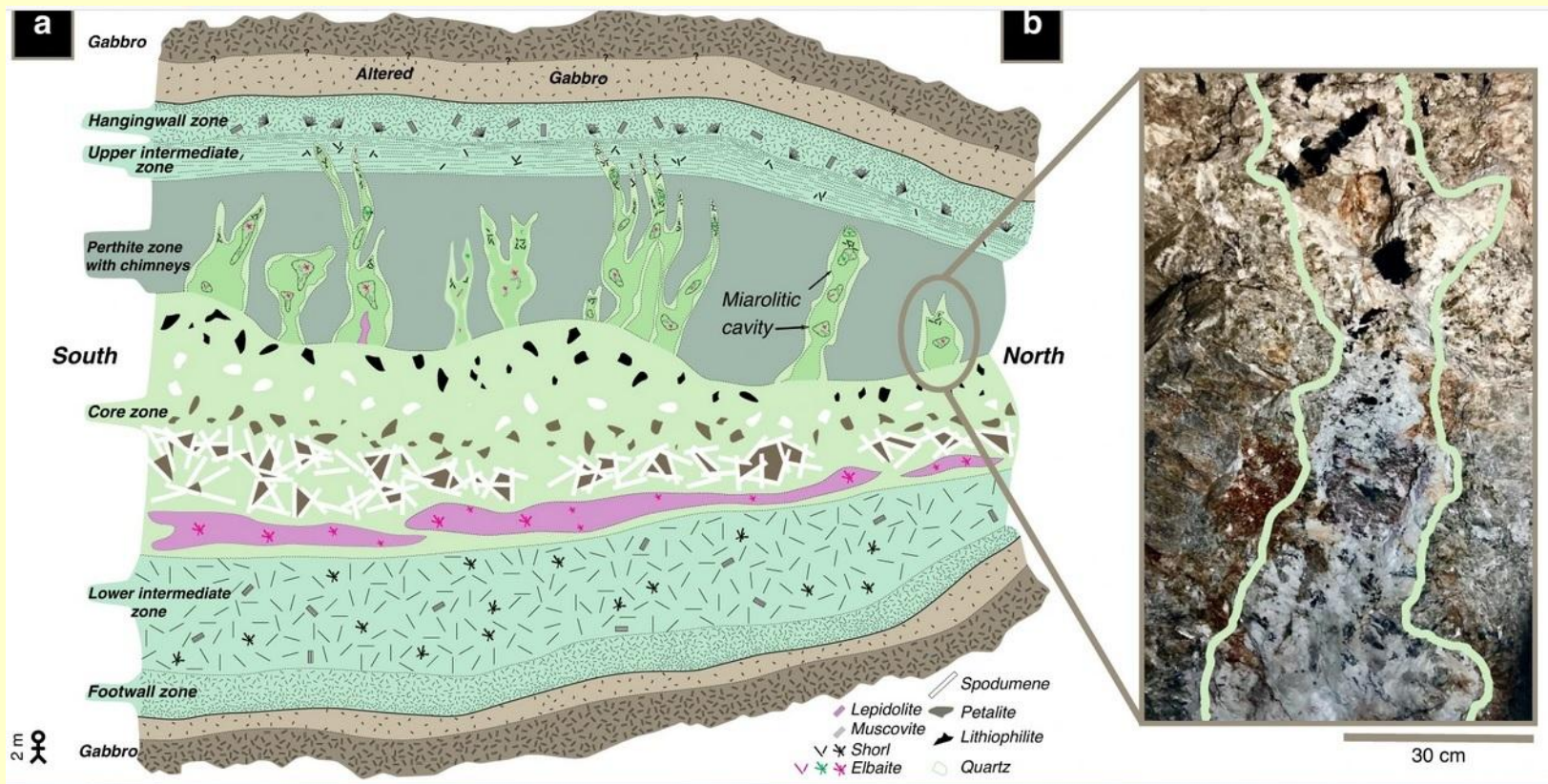
Επίδραση προσμειξεων με υδρογόνο στο σχήμα και στην ταχύτητα ανάπτυξης εδρών σε κρυστάλλους **ΧΑΛΑΖΙΑ (SiO₂)**

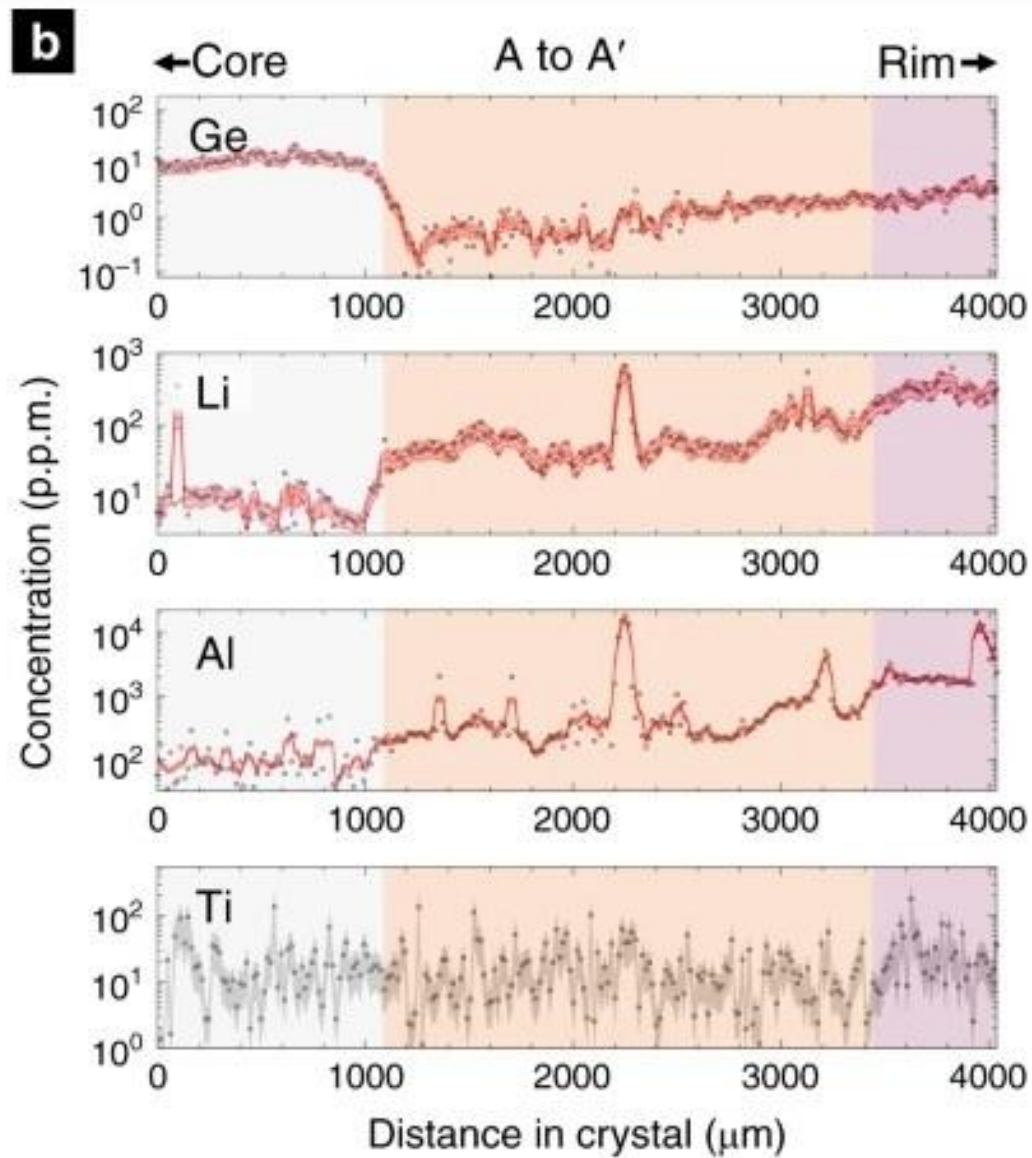


Episodes of fast crystal growth in pegmatites

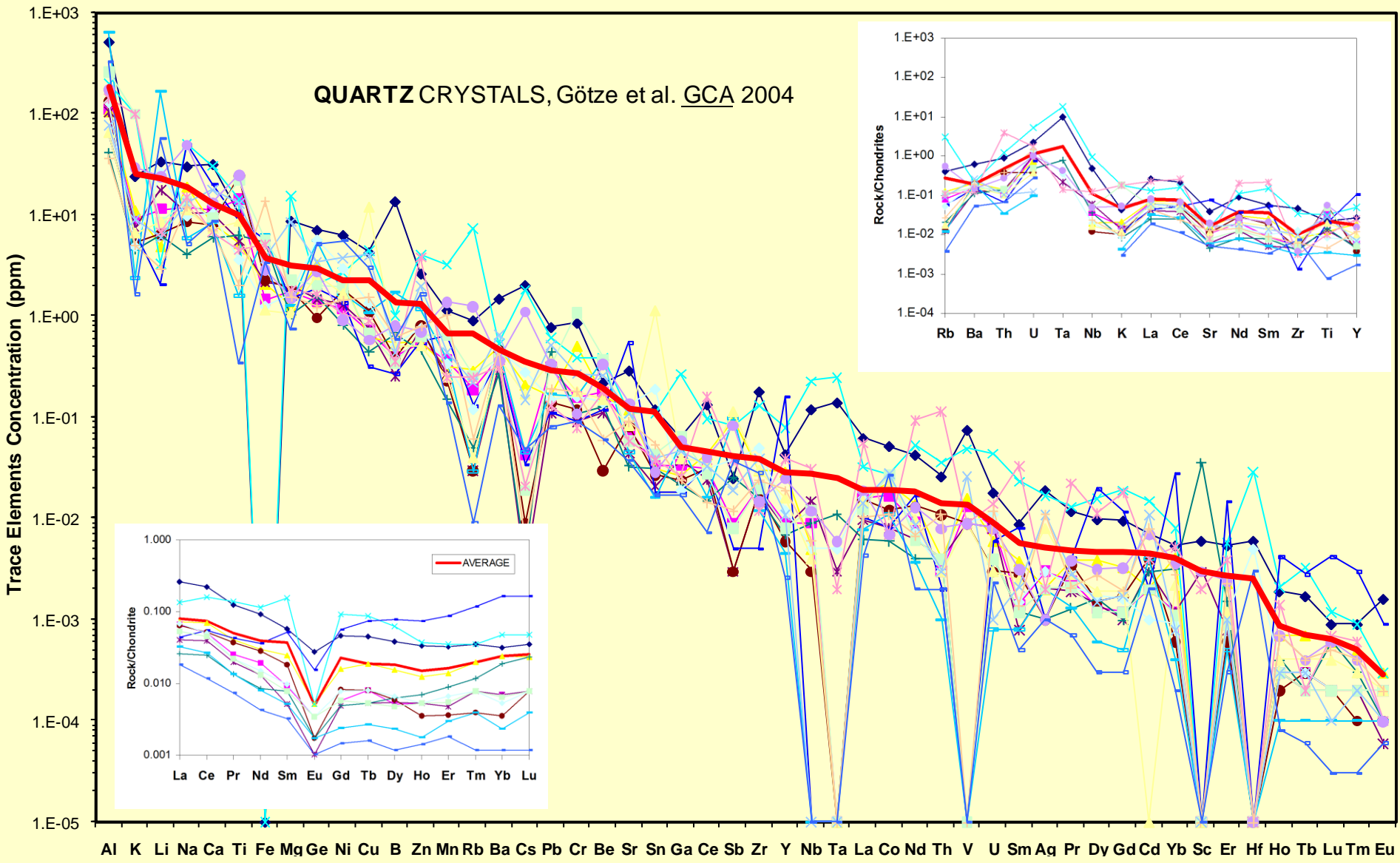
Patrick R. Phelps , Cin-Ty A. Lee & Douglas M. Morton

Nature Communications **11**, Article number: 4986 (2020) | [Cite this article](#)





QUARTZ CRYSTALS, Götze et al. GCA 2004



Al K Li Na Ca Ti Fe Mg Ge Ni Cu B Zn Mn Rb Ba Cs Pb Cr Be Sr Sn Ga Ce Sb Zr Y Nb Ta La Co Nd Th V U Sm Ag Pr Dy Gd Cd Yb Sc Er Hf Ho Tb Lu Tm Eu

Time to grow or move 1 cm

10^6 year 1000 year 1 year 1 day 1 min 1 s 1 ms

Metamorphic garnets

Granitic quartz

Volcanic quartz

Grass

Pegmatite quartz (this study)

Current plate motion

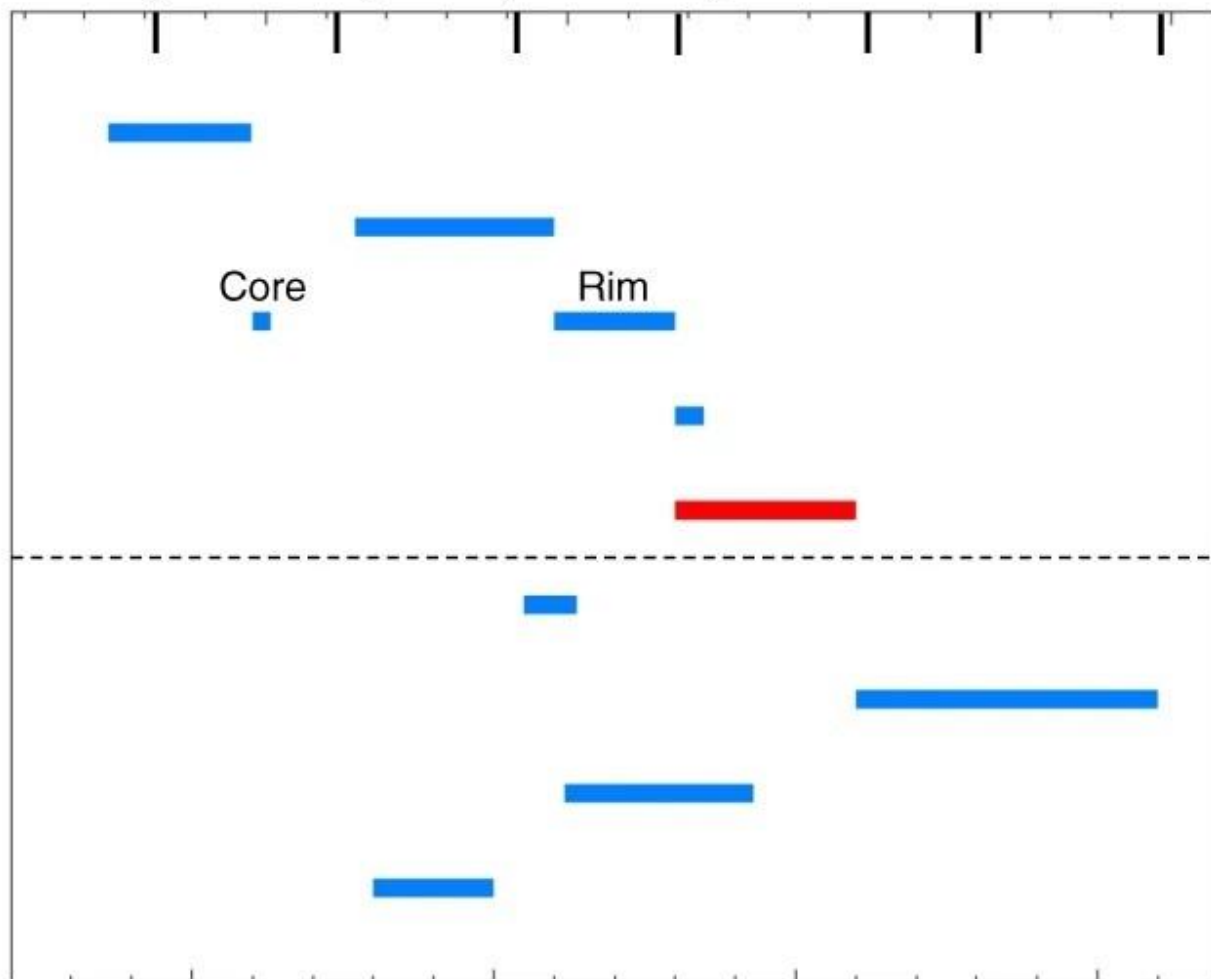
Earthquake

Slow slip

Aseismic creep

Core

Rim



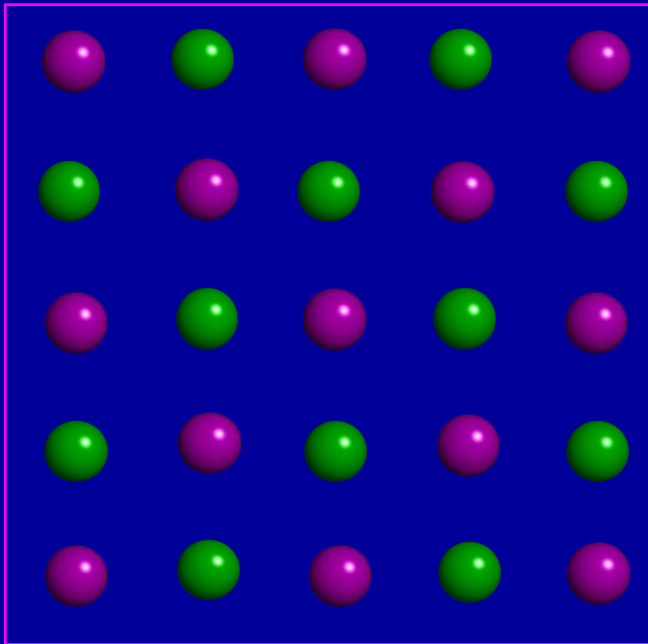
10^{-15}

10^{-10}

10^{-5}

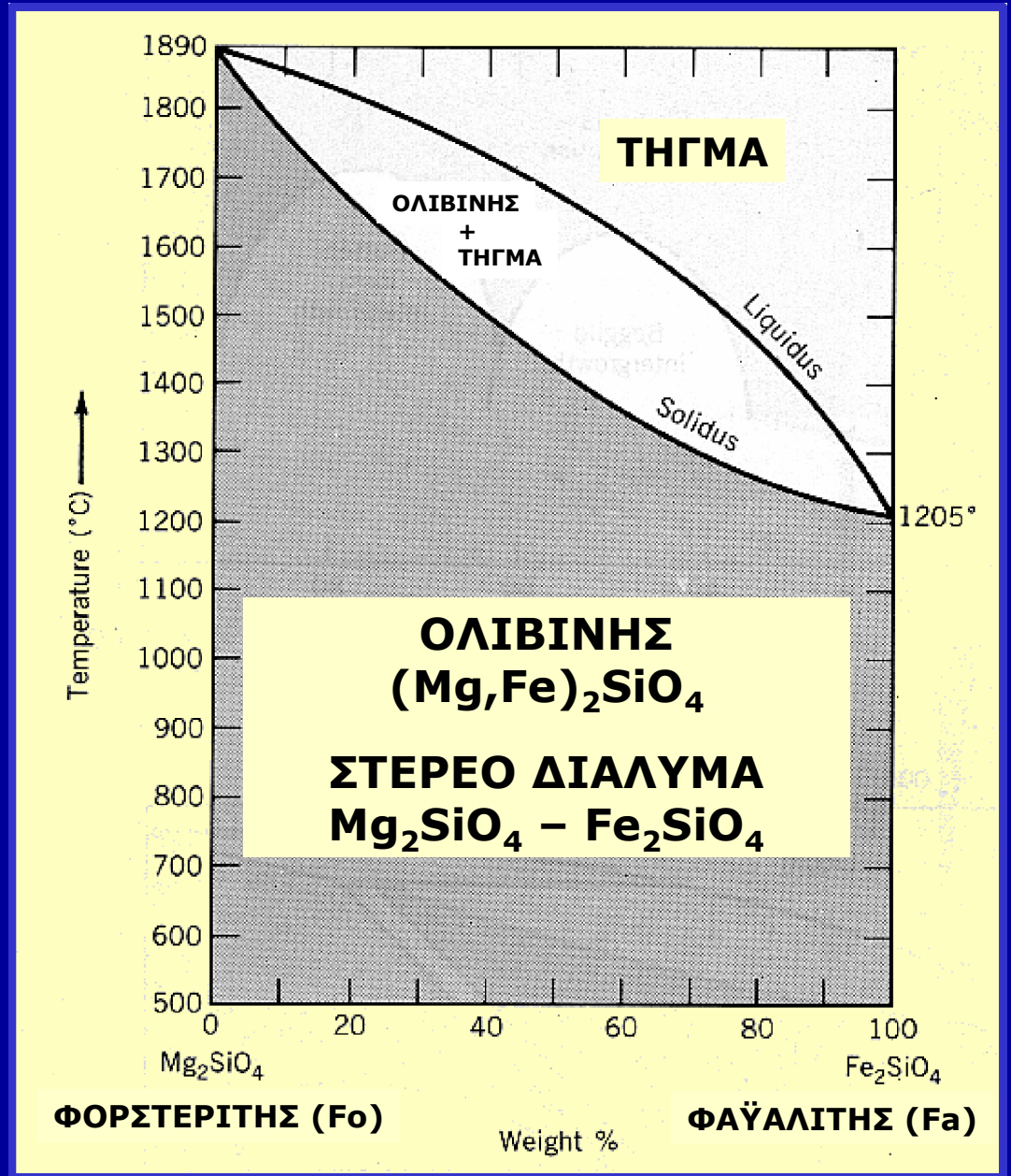
10^0

Rate (m s^{-1})



**ΠΛΗΡΗ
ΣΤΕΡΕΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ
ΜΕ ΑΚΡΑΙΑ ΜΕΛΗ**

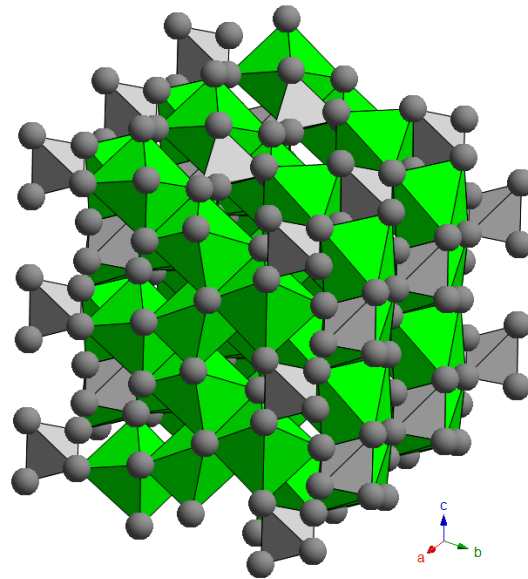
Η περίπτωση του
ΟΛΙΒΙΝΗΣ



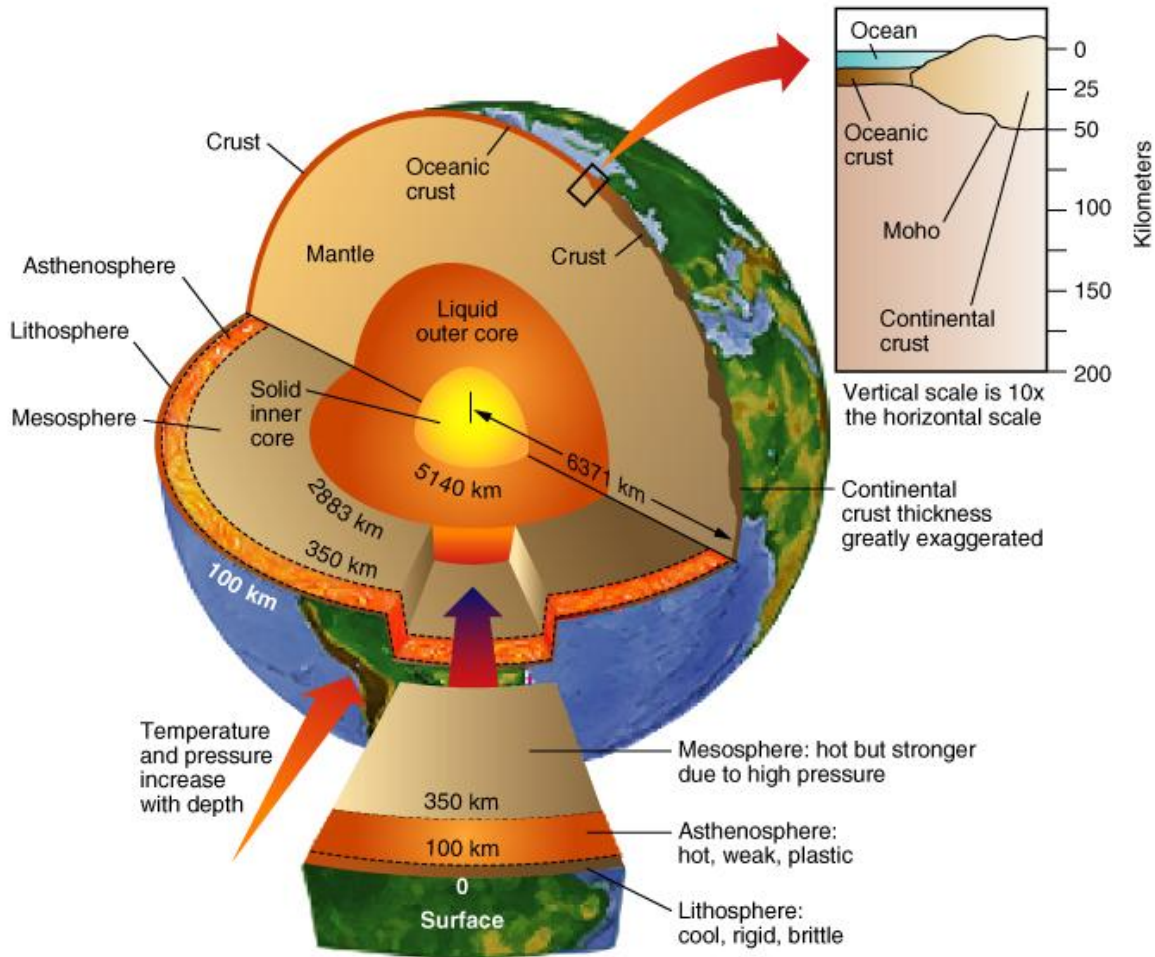
ΙΣΟΜΟΡΦΙΣΜΟΣ

Τα στερεά διαλύματα δύο ακραίων μελών αναφέρονται συχνά και ως «ΙΣΟΜΟΡΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΙΞΕΙΣ».

Ισομορφισμός (isomorphism) είναι το φαινόμενο κατά το οποίο δυο ή και περισσότερες ουσίες (ισόμορφα – isomorphs) με διαφορετική χημική σύσταση έχουν την ίδια κρυσταλλική δομή οπότε και μπορούν να σχηματίσουν ΣΤΕΡΕΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ



ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΛΙΒΙΝΗ ΣΕ ΥΨΗΛΗ ΠΙΕΣΗ



↓
410 Km



↓
520 Km



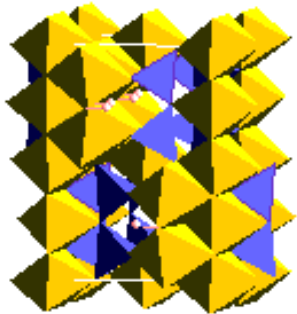
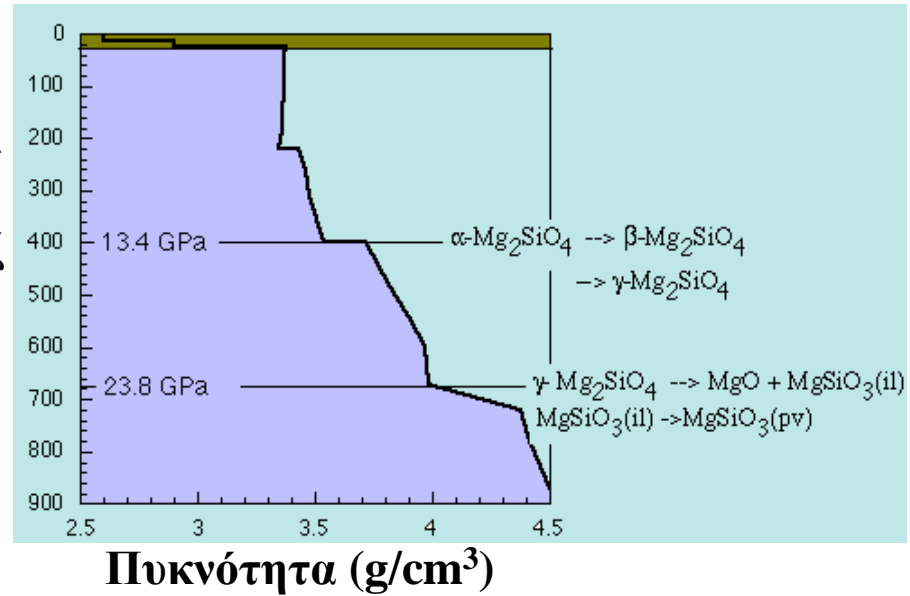


$\alpha\text{-(Mg,Fe)}_2\text{SiO}_4$
Ολιβίνης

ΡΟΜΒΙΚΟ

($a=4.75$, $b=10.2$, $c=5.2$)

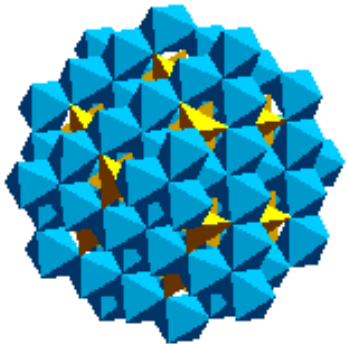
Βάθος (Km)



$\beta\text{-(Mg,Fe)}_2\text{SiO}_4$
Γουαντσεϊτής

ΡΟΜΒΙΚΟ

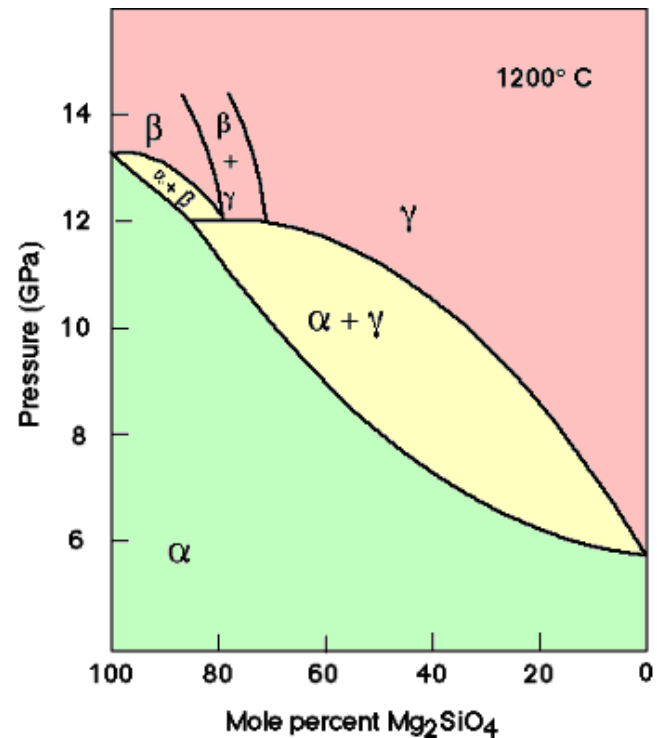
($a=5.70$, $b=11.71$, $c=8.24$)

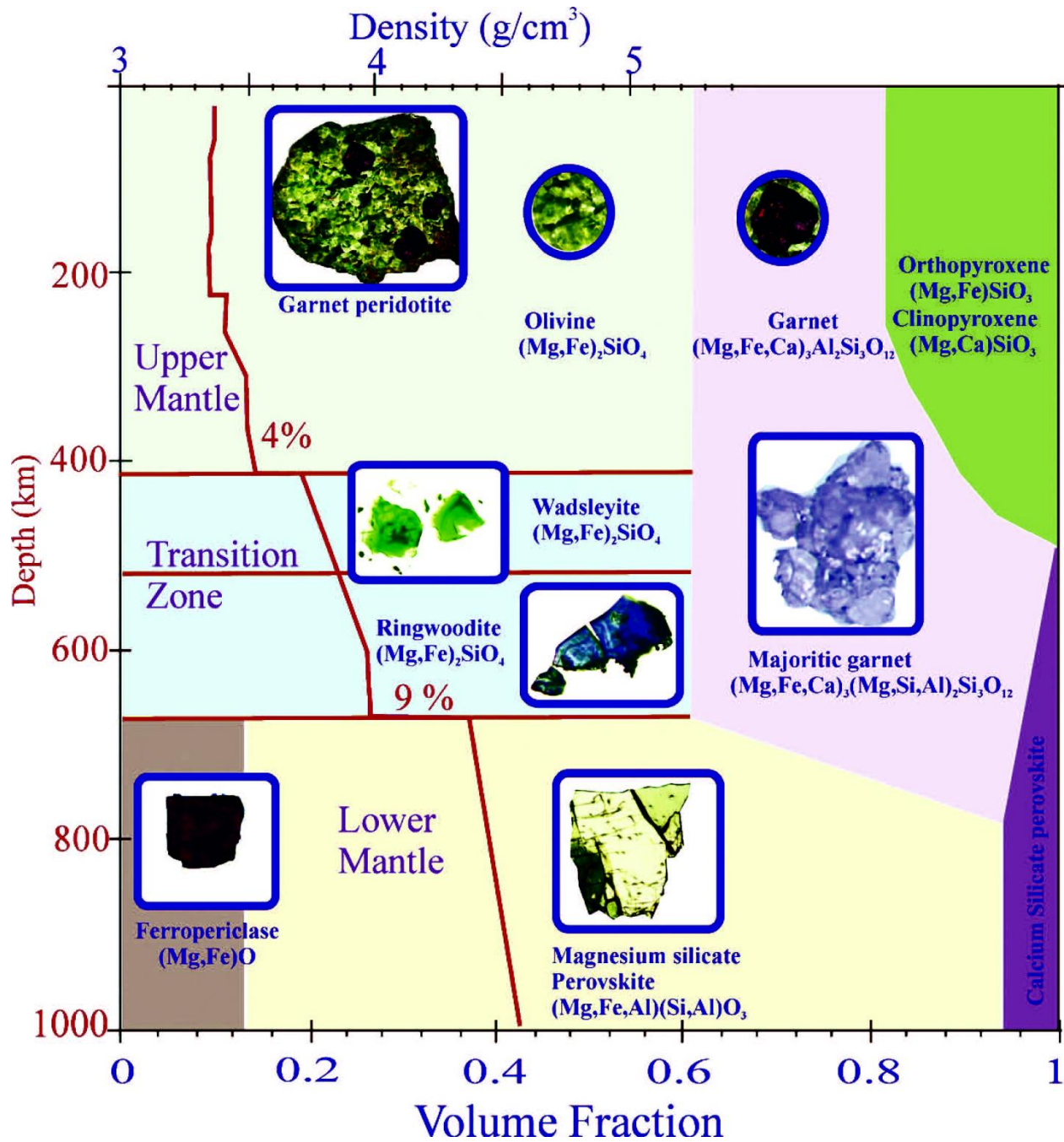


$\gamma\text{-(Mg,Fe)}_2\text{SiO}_4$
Ρινγκουντίτης

ΚΥΒΙΚΟ

($a=8.1$)





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.

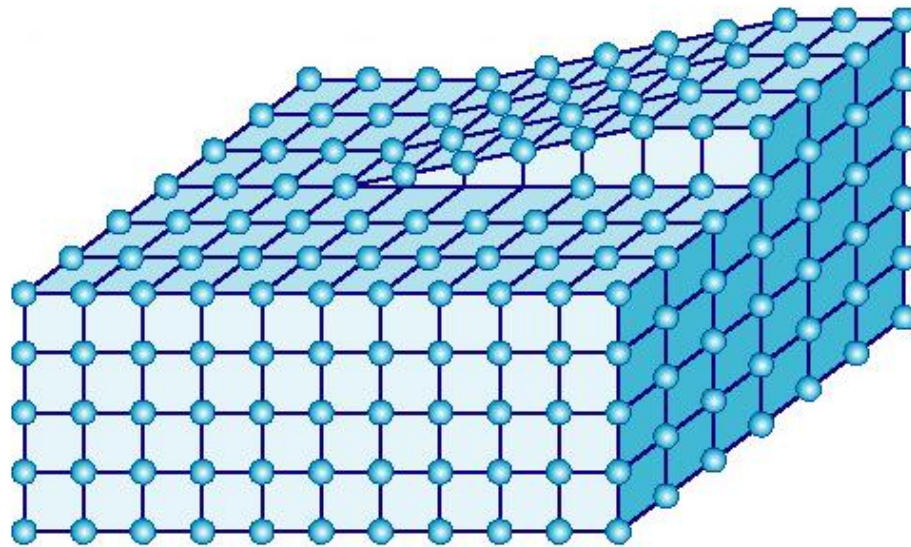
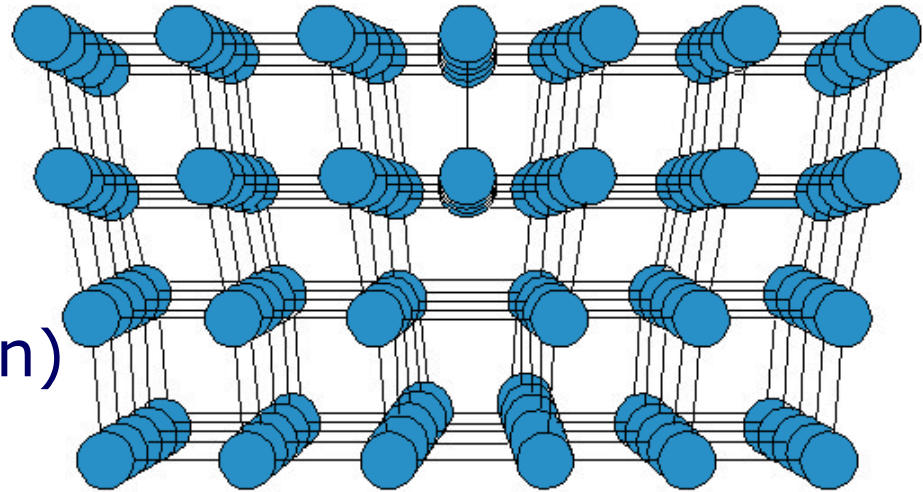
Μπριντγκμανίτης
(bridgmanite-
 MgSiO_3)



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.

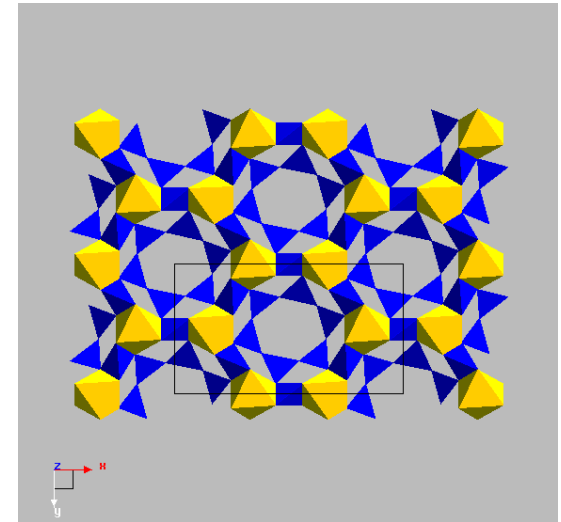
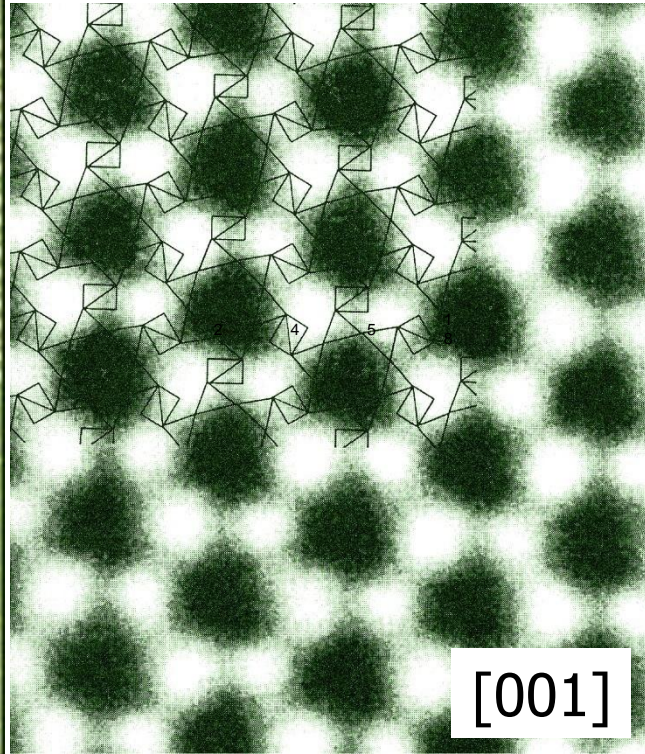
ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

ΕΞΑΡΜΟΣΗ
ΚΑΤΑ ΑΚΜΗ
(Edge Dislocation)



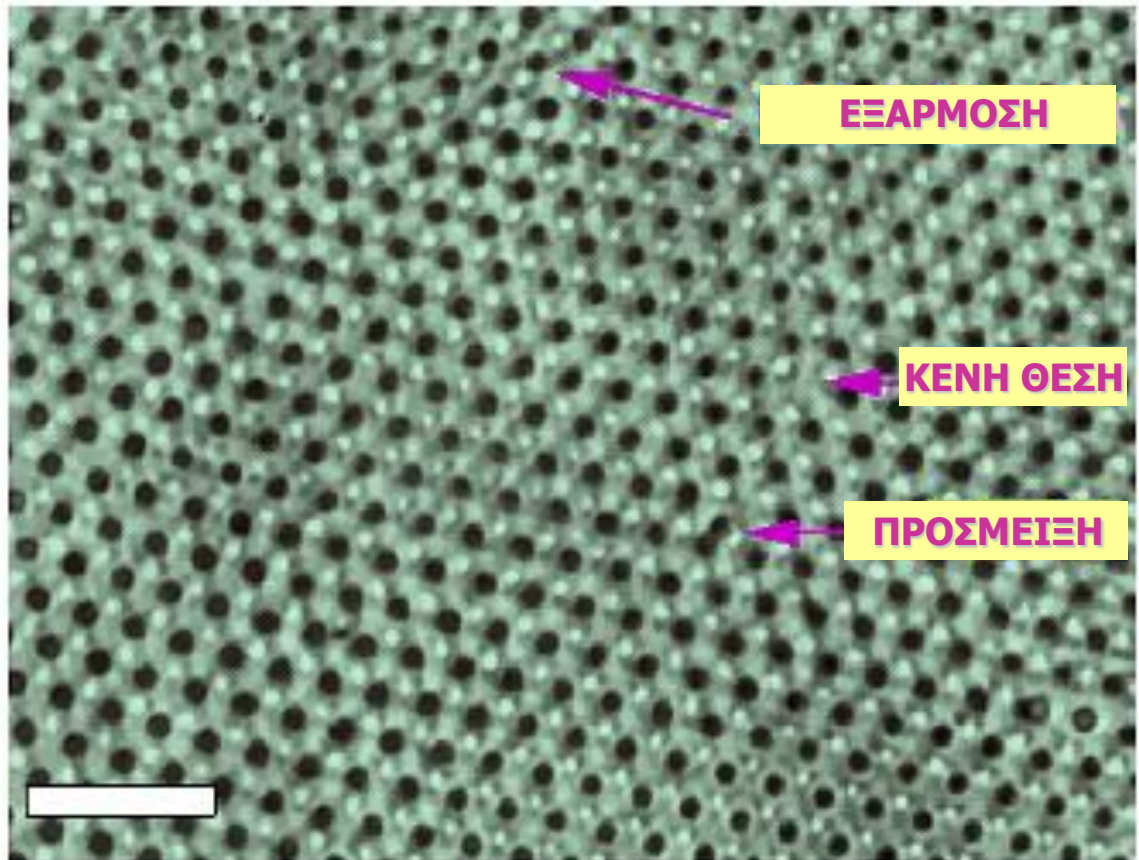
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ
ΚΟΧΛΙΩΔΗΣ ΕΞΑΡΜΟΣΗ
(Screw Dislocation)

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ (ΤΕΜ)

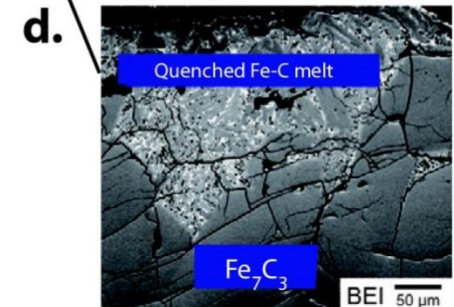
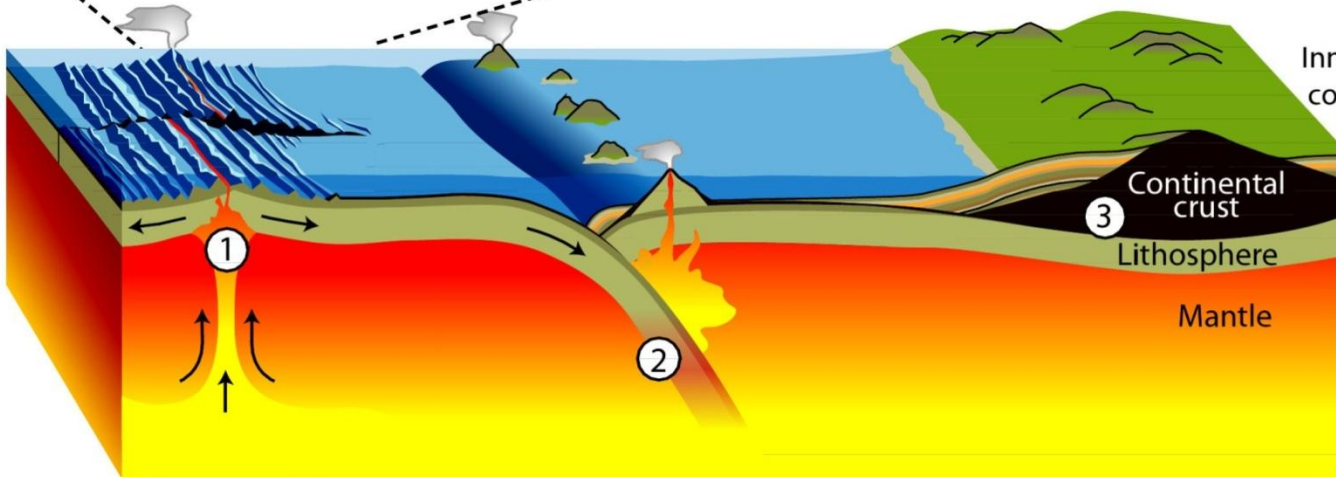
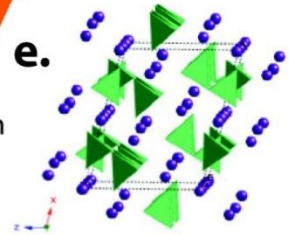
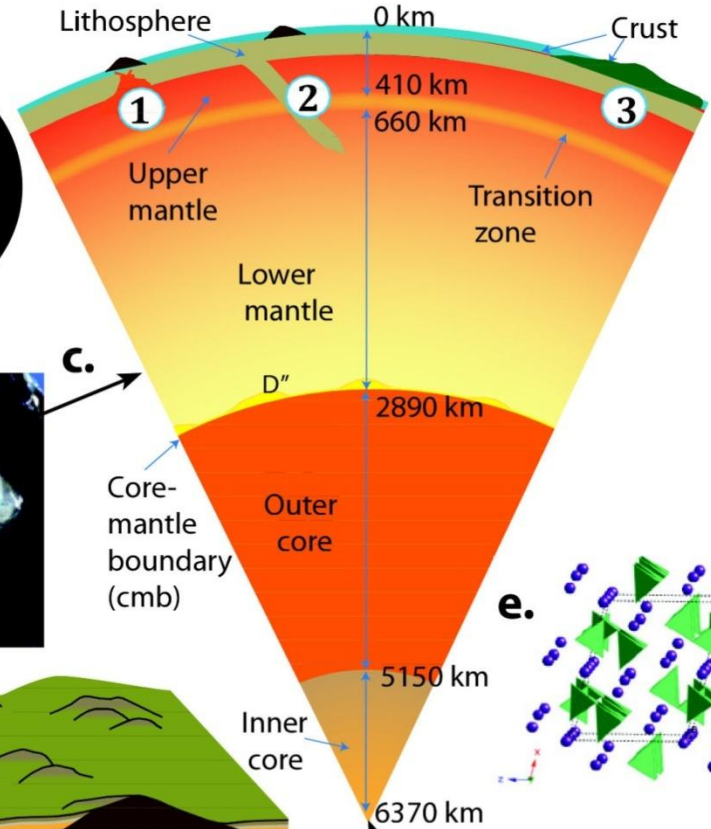
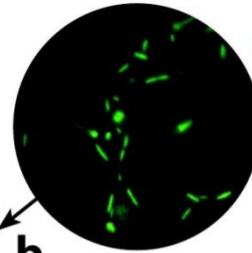
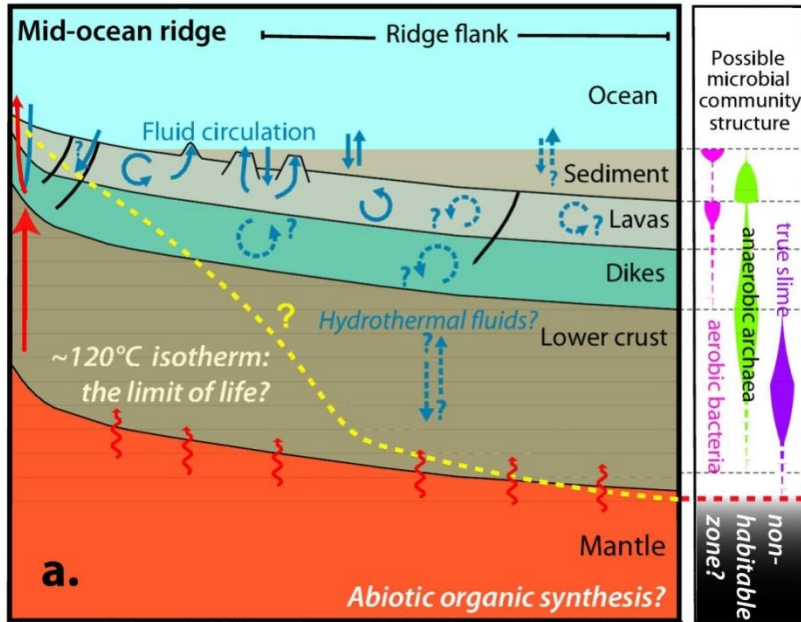


ΚΟΡΔΙΕΡΙΤΗΣ
 $(\text{Mg,Fe}^{2+})_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$
Ρομβικό (ψευδοεξαγωνικό)

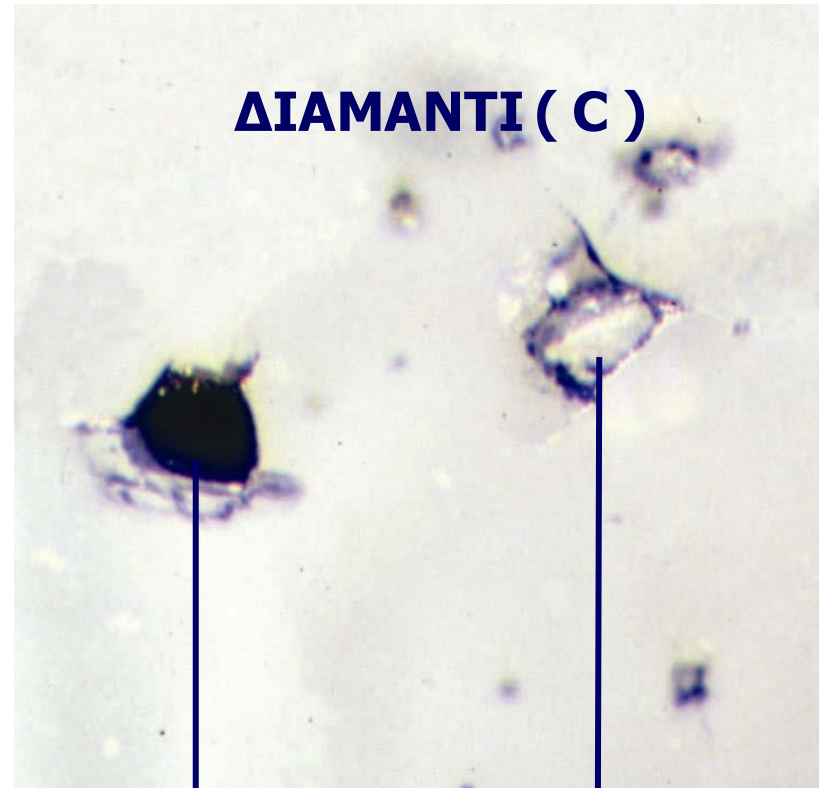
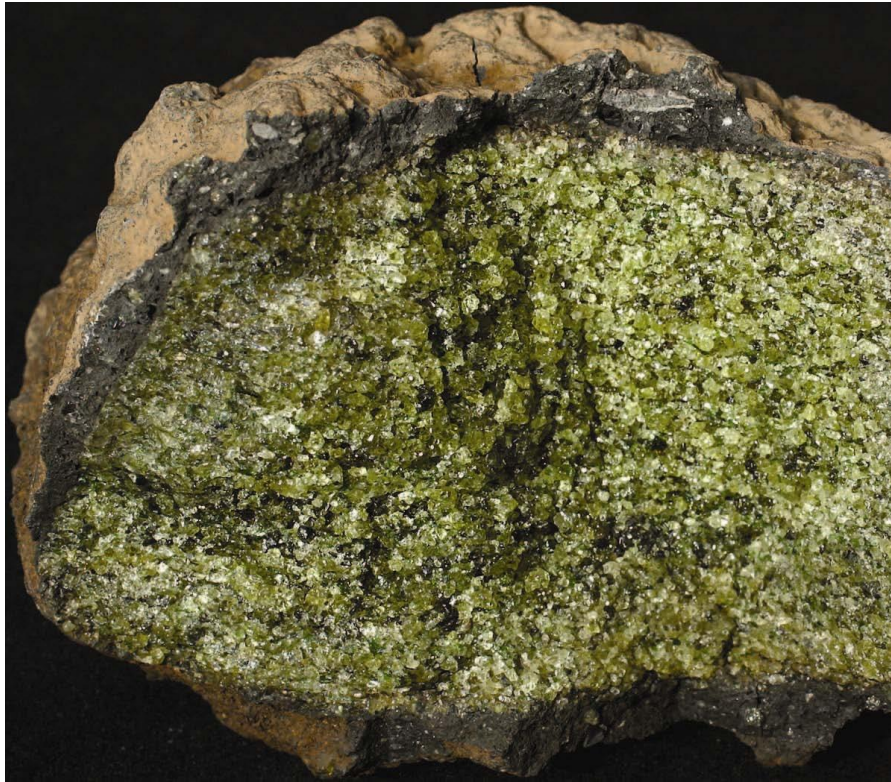
ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ



Ο άνθρακας (C) στο εσωτερικό της Γης



Not to scale



ΔΙΑΜΑΝΤΙ (C)

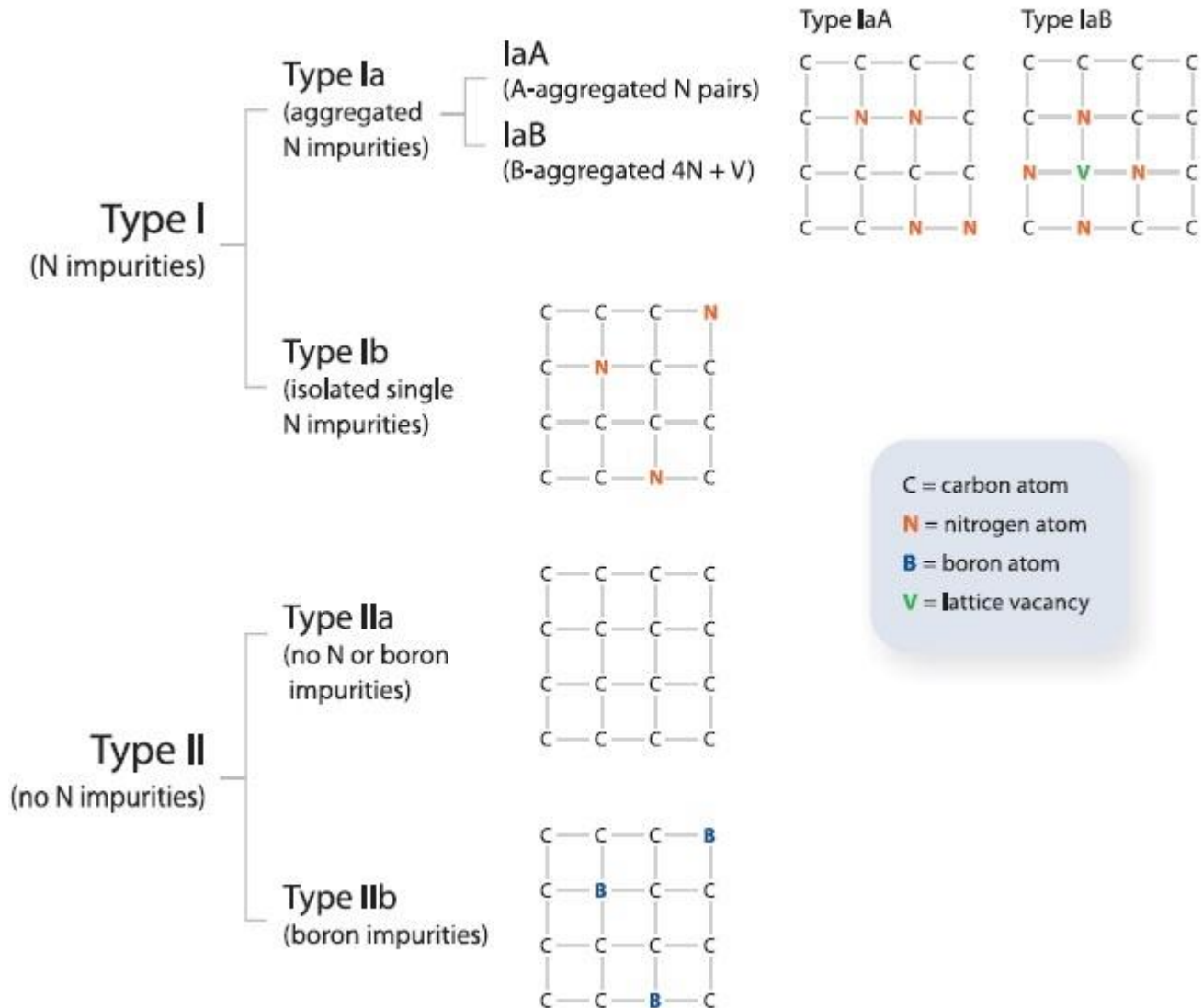
Fe-ΠΕΡΙΚΛΑΣΤΟ
(Mg,Fe)O

Πυρόξενος
από μετασχηματισμό
ΠΕΡΟΒΣΚΙΤΗ
(MgSiO₃)

Επίδραση προσμείξεων & ατελειών στο χρώμα του **ΔΙΑΜΑΝΤΙΟΥ (C)**

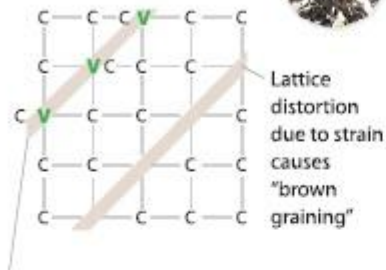
Type	Natural Diamonds	Treated Natural Diamonds	Synthetic and Treated Synthetic Diamonds
Ia			
Ib			
IIa			
IIb			

Επίδραση προσμείξεων & ατελειών στο χρώμα του ΔΙΑΜΑΝΤΙΟΥ (C)



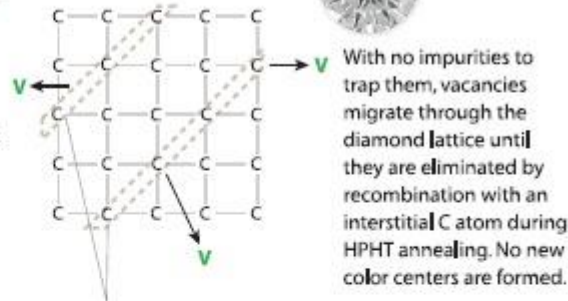
Επίδραση προσμείξεων & ατελειών στο χρώμα του ΔΙΑΜΑΝΤΙΟΥ (C)

Type Ia brown diamond before HPHT



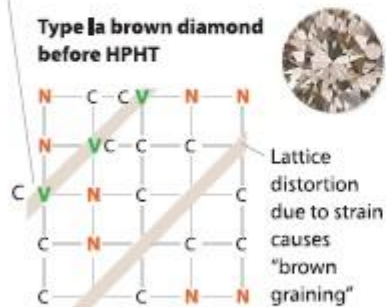
Plastic deformation results in abundant distorted and broken carbon bonds (and associated vacant lattice sites) concentrated along bands of brown color known by gemologists as "brown graining."

Type Ia brown diamond turns colorless after HPHT



HPHT treatment heals lattice distortions and broken bonds, releases vacancies, and thus removes brown color in graining, leaving only remnant colorless internal graining that is common in HPHT-treated diamonds.

Type Ia brown diamond before HPHT



C = carbon atom
N = nitrogen atom
V = lattice vacancy

Type Ia brown diamond turns yellow after HPHT



As vacancies migrate through the diamond lattice during HPHT annealing, they are trapped by aggregated N impurities (A centers) to form H3 defects [N-V-N]⁰. Some aggregated N also breaks down to release isolated N atoms at high temperatures. The combination of H3 defects and isolated nitrogen imparts a yellow color to the diamond. If abundant N occurs adjacent to the original brown graining, H3 defects will become concentrated along the formerly brown grain lines and will appear as treated yellow graining.

Επίδραση προσμείξεων & ατελειών στο χρώμα του **ΔΙΑΜΑΝΤΙΟΥ (C)**

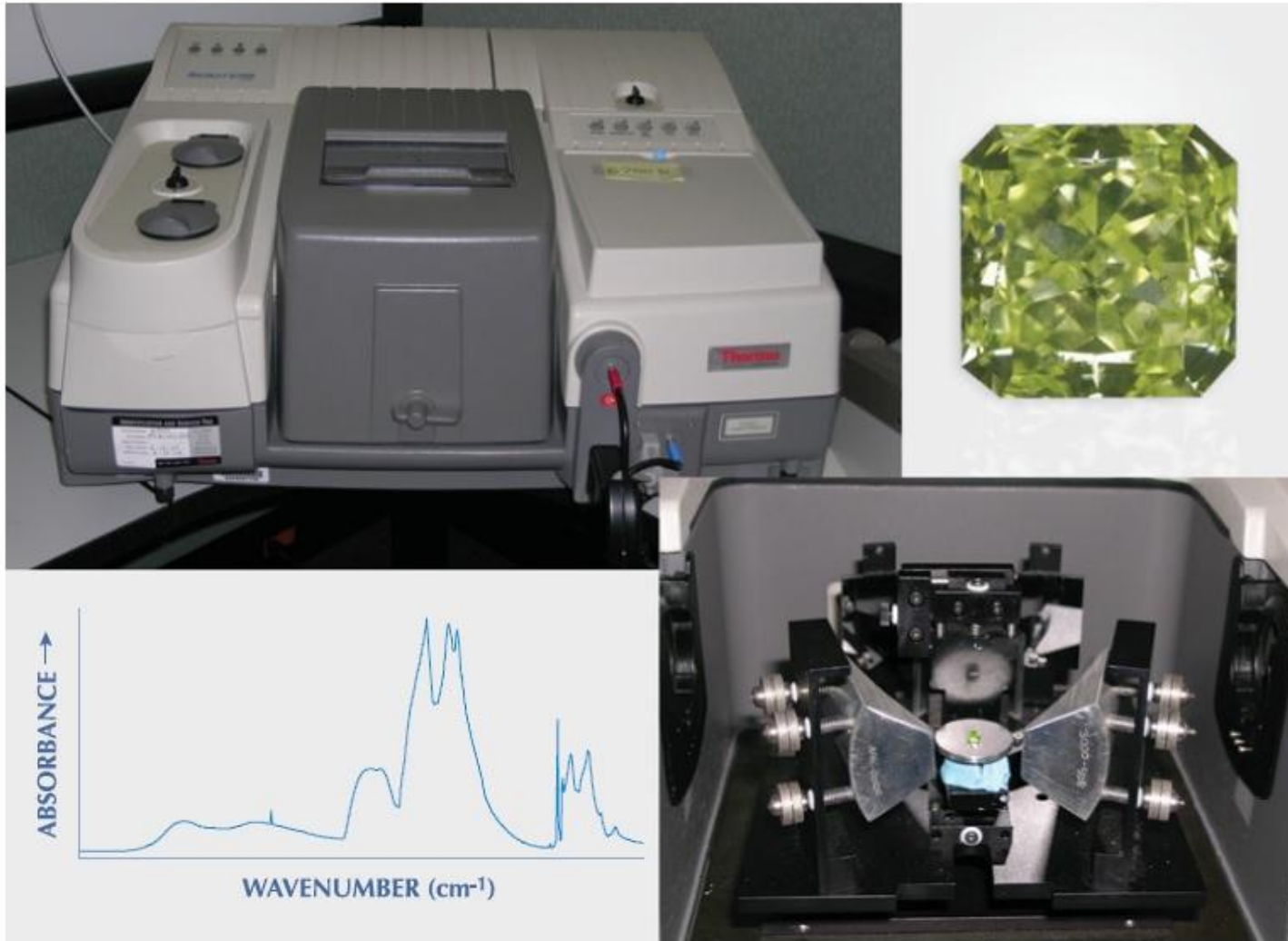


Figure 5. GIA uses an FTIR spectrometer such as this Thermo Nicolet 6700 (top left; 1 cm^{-1} resolution, KBr beam splitter, mid-IR range) to determine diamond type. A faceted diamond like the one shown here (top right) is placed table-down on a specially designed beam condenser stage to focus the IR beam through the girdle of the stone (bottom right). The result is an absorption spectrum from which diamond type can be determined (bottom left). Photos by C. M. Breeding and Robison McMurtry.

Επίδραση προσμείξεων & ατελειών στο χρώμα του **ΔΙΑΜΑΝΤΙΟΥ (C)**



Boron in natural type IIb blue diamonds: Chemical and spectroscopic measurements

ELOÏSE GAILLOU,^{1,2,*} JEFFREY E. POST,¹ DETLEF ROST,³ AND JAMES E. BUTLER^{1,4}

¹Department of Mineral Sciences, Smithsonian Institution, Washington, D.C. 20560, U.S.A.

²Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution of Washington, 5241 Broad Branch Road N.W., Washington, D.C. 20015, U.S.A.

³School of Earth, Atmospheric and Environmental Sciences, Williamson Building, The University of Manchester, Oxford Road, Manchester M13 9PL, U.K.

⁴Chemistry Division, Naval Research Laboratory, Washington, D.C. 20375, U.S.A.

ABSTRACT

The presence of boron in the structure of diamond is rare in nature, and even when present, reported values are ≤ 0.5 ppm. This study used various spectroscopic methods and time-of-flight (ToF-) SIMS to characterize and analyze for boron in natural type IIb blue diamonds, including the well-known Hope and the Blue Heart diamonds, and on one high-pressure, high-temperature annealed natural stone. Infrared spectroscopy measurements reveal uncompensated boron values as large as 1.72 ± 0.15 ppm, which is significantly higher than the previously reported maximum of 0.5 ppm. ToF-SIMS analyses gave spot total boron concentrations as high as 8.4 ± 1.1 ppm for the Hope diamond to less than 0.08 ppm in other blue diamonds. By comparison, a type Ia diamond did not show detectable boron. ToF-SIMS analyses revealed strong zoning of boron in some diamonds, which was confirmed by mapping the uncompensated boron using synchrotron infrared spectroscopy. This greater range of boron concentrations compared to previous studies might be explained by the larger number of natural diamonds analyzed here, 78, compared to <10 samples reported in the literature. The samples in this study are all gem-quality diamonds, including some Intense to Fancy-Deep blue diamonds; color intensity, however, only loosely correlates with the boron content. Boron is also likely responsible for the phosphorescence emissions of type IIb diamonds, in the red at 660 nm and in the blue-green at 500 nm. Our results are consistent with previous work suggesting that the emissions are caused by donor-acceptor pair recombination processes involving boron and other defects. The exact nature of the phosphorescence processes is still not fully understood, but likely involves complex steps of charge carrier trapping and detrapping.

Keywords: Type IIb diamonds, boron, ToF-SIMS, synchrotron FTIR, cathodoluminescence, phosphorescence, plastic deformation

Blue boron-bearing diamonds from Earth's lower mantle

Evan M. Smith^{1*}, Steven B. Shirey², Stephen H. Richardson³, Fabrizio Nestola⁴, Emma S. Bullock⁵, Jianhua Wang² & Wuyi Wang¹

Geological pathways for the recycling of Earth's surface materials into the mantle are both driven and obscured by plate tectonics¹⁻³. Gauging the extent of this recycling is difficult because subducted crustal components are often released at relatively shallow depths, below arc volcanoes⁴⁻⁷. The conspicuous existence of blue boron-bearing diamonds (type IIb)^{8,9} reveals that boron, an element abundant in the continental and oceanic crust, is present in certain diamond-forming fluids at mantle depths. However, both the provenance of the boron and the geological setting of diamond crystallization were unknown. Here we show that boron-bearing diamonds carry previously unrecognized mineral assemblages whose high-pressure precursors were stable in metamorphosed oceanic lithospheric slabs at depths reaching the lower mantle. We propose that some of the boron in seawater-serpentinized oceanic lithosphere is subducted into the deep mantle, where it is released with hydrous fluids that enable diamond growth¹⁰. Type IIb diamonds are thus among the deepest diamonds ever found and indicate a viable pathway for the deep-mantle recycling of crustal elements.

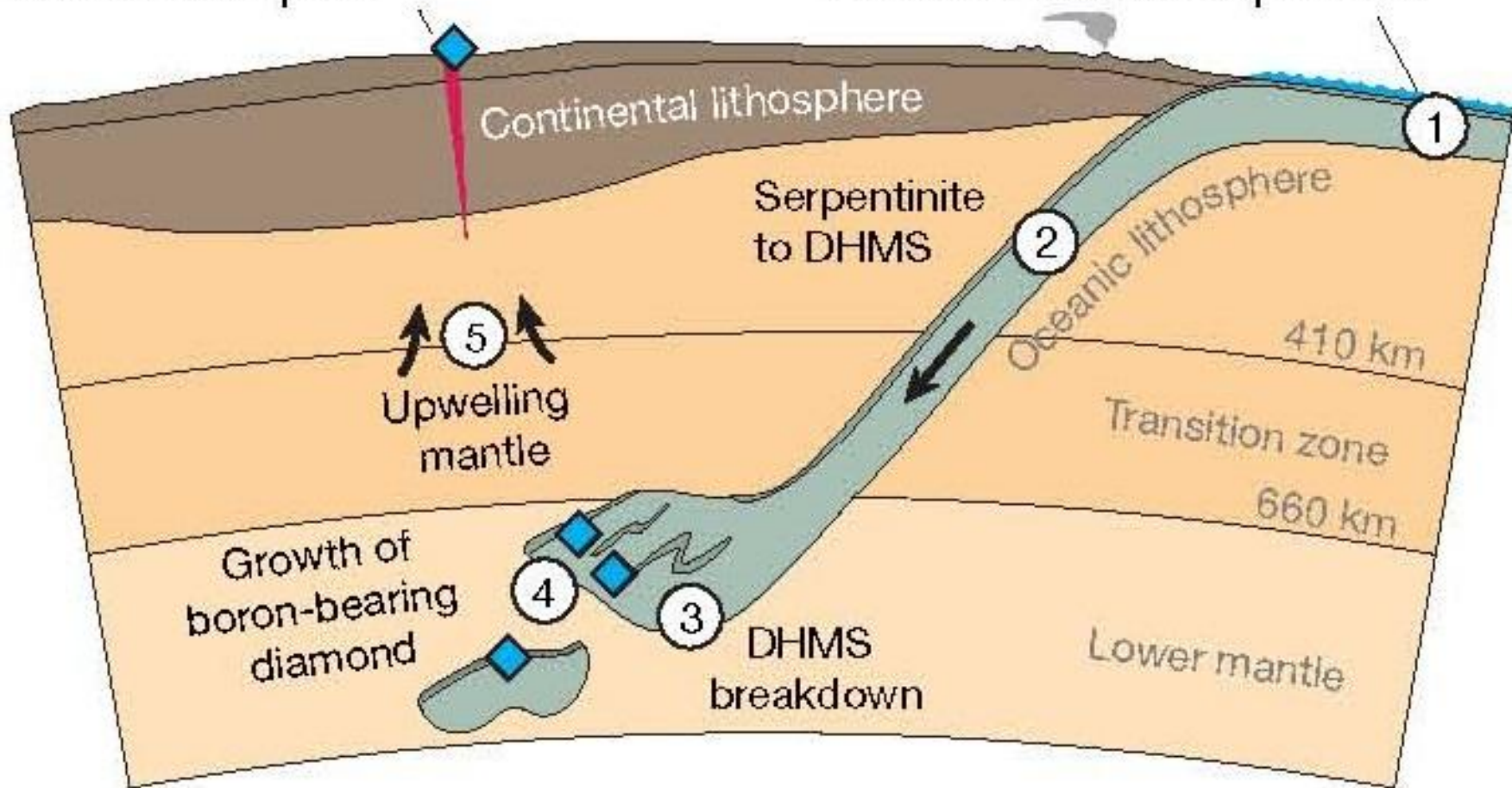
in sublithospheric diamonds tend to destabilize during ascent in the mantle and break down to lower-pressure minerals, often unmixing into composite assemblages^{14,17}. Many inclusions described here are multiphase assemblages, as is the case with previously studied inclusions in super-deep diamonds and their high-pressure experimental analogues^{14,16,17}. It is implausible that the same multiphase assemblages could be coincidentally replicated by random sampling of lower-pressure mineral aggregates at shallower, lithospheric depths¹⁴.

The most abundant inclusion identified, in 31 of 46 samples, was Ca-silicate dominated by CaSiO₃ walstromite, sometimes with larnite (β -Ca₂SiO₄) and other phases of CaSiO₃ composition (Extended Data Table 1). These inclusions are commonly interpreted as retrogressed CaSiO₃ perovskite (Ca-Pv)^{15,17,18}. As retrogression of pure Ca-Pv alone should maintain a bulk Ca:Si ratio of 1, the presence of (Ca-rich) larnite in some inclusions may indicate that diamond growth occurred in a chemically evolving system with variable calcium enrichment, as seen in other super-deep diamonds^{16,19,20}.

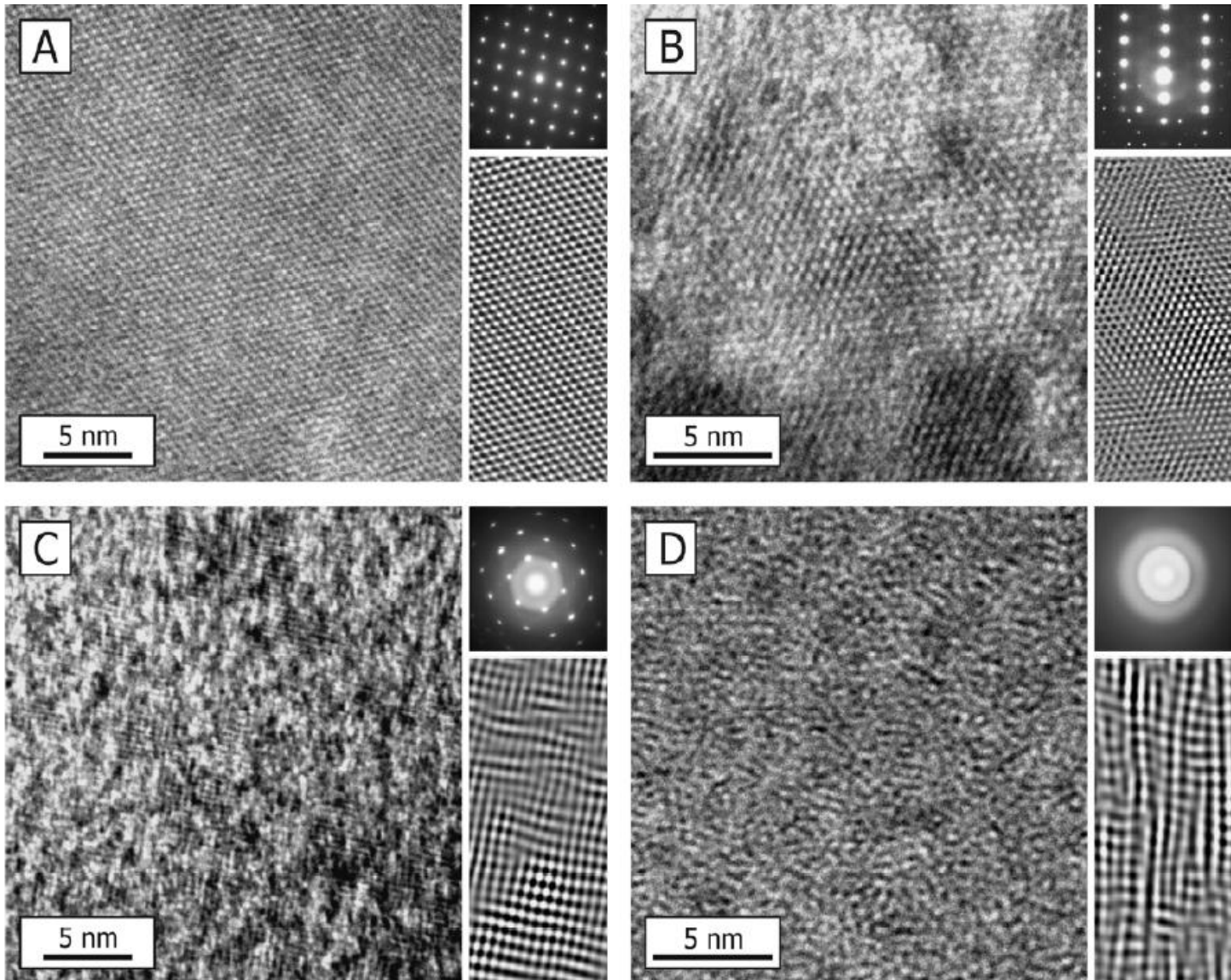
Other observed inclusions also correspond to retrogressed high-pressure minerals (Extended Data Table 1). For example, inclusions

Kimberlite eruption

Seawater boron in serpentinite



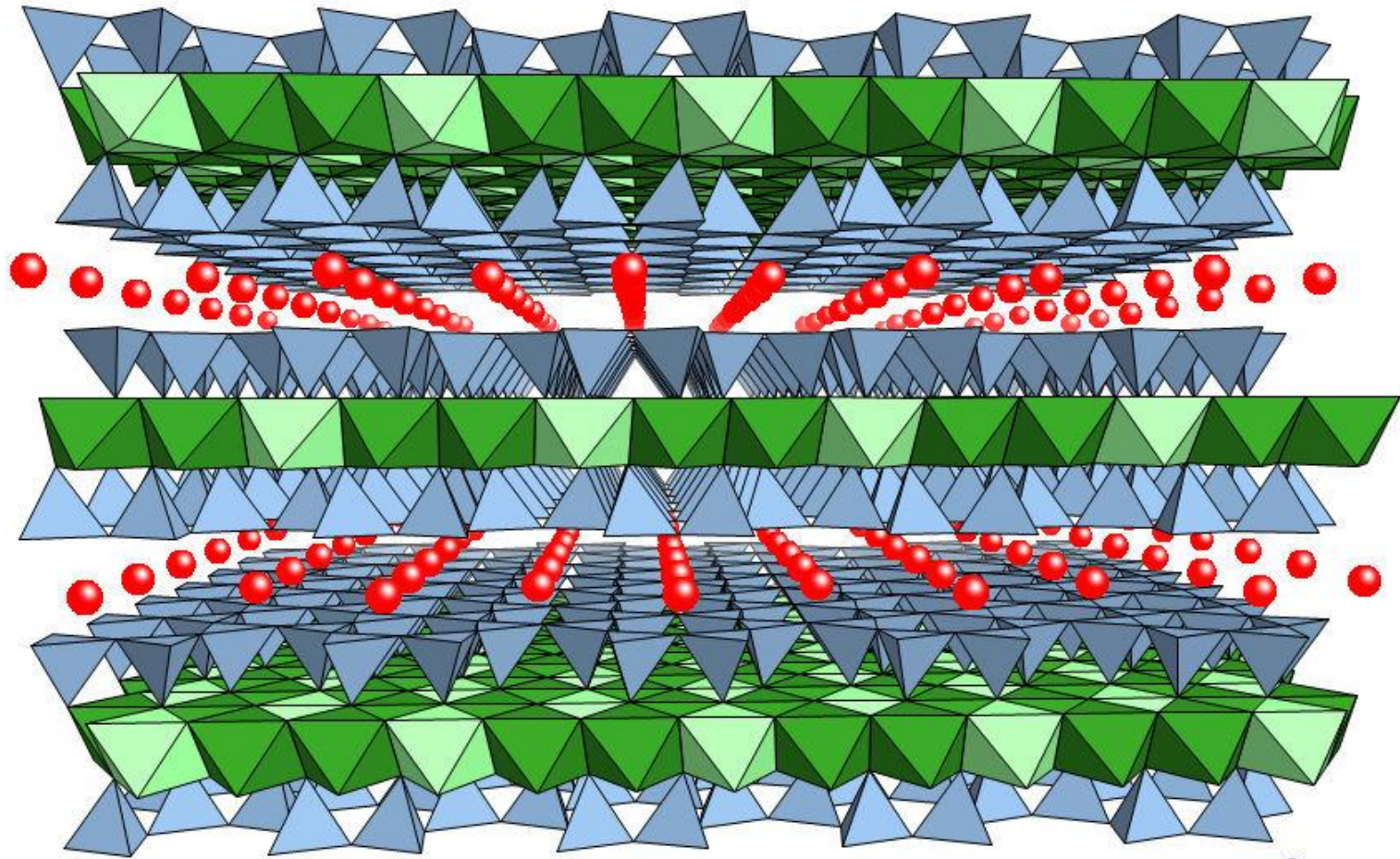
ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΑΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΑΜΕΙΚΤΙΚΟΥ ΖΙΡΚΟΝΙΟΥ (ZrSiO_4)



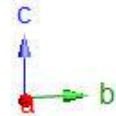
ΠΟΛΥΤΥΠΙΣΜΟΣ (POLYTYPIISM)

Οι **πολύτυποι (polytypes)** μίας χημικής ένωσης είναι δομικές παραλλαγές οι οποίες είναι πανομοιότυπες σε δύο διαστάσεις και διαφέρουν ως προς την τρίτη διάσταση. Έτσι μπορούν να απεικονισθούν ως επάλληλες στοιβάδες τοποθετημένες σε μία συγκεκριμένη αλληλουχία ανάλογα με τον πολύτυπο. Κλασικά παραδείγματα αποτελούν το **σουλφίδιο του Zn (ZnS)** και το **καρβίδιο του Si (SiC)**, ενώ στην περίπτωση των κοινών ορυκτών ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πολύτυποι των **φυλλοπυριτικών ορυκτών** και κυρίως των **μαρμαρυγιών**. **Ο πολυτυπισμός μπορεί να γίνει αντιληπτός σε νανοκλίμακα με χρήση TEM**

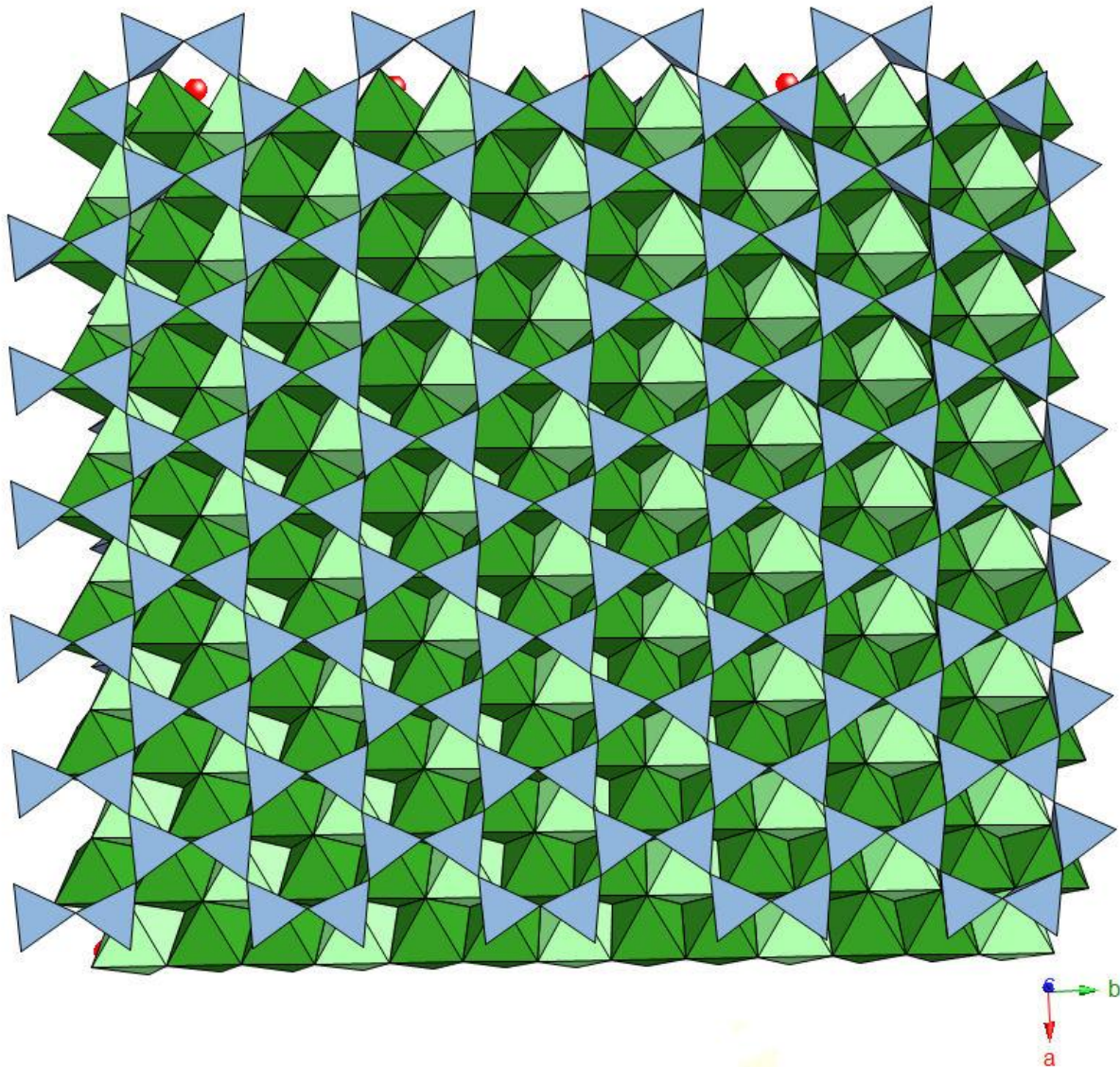
Η ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑ **ΒΙΟΤΙΤΗ** ($\text{K}[\text{Mg,Fe}^{2+}]_3[\text{Al,Fe}^{3+}]\text{Si}_3\text{O}_{10}[\text{OH,F}]_2$) $\perp a$



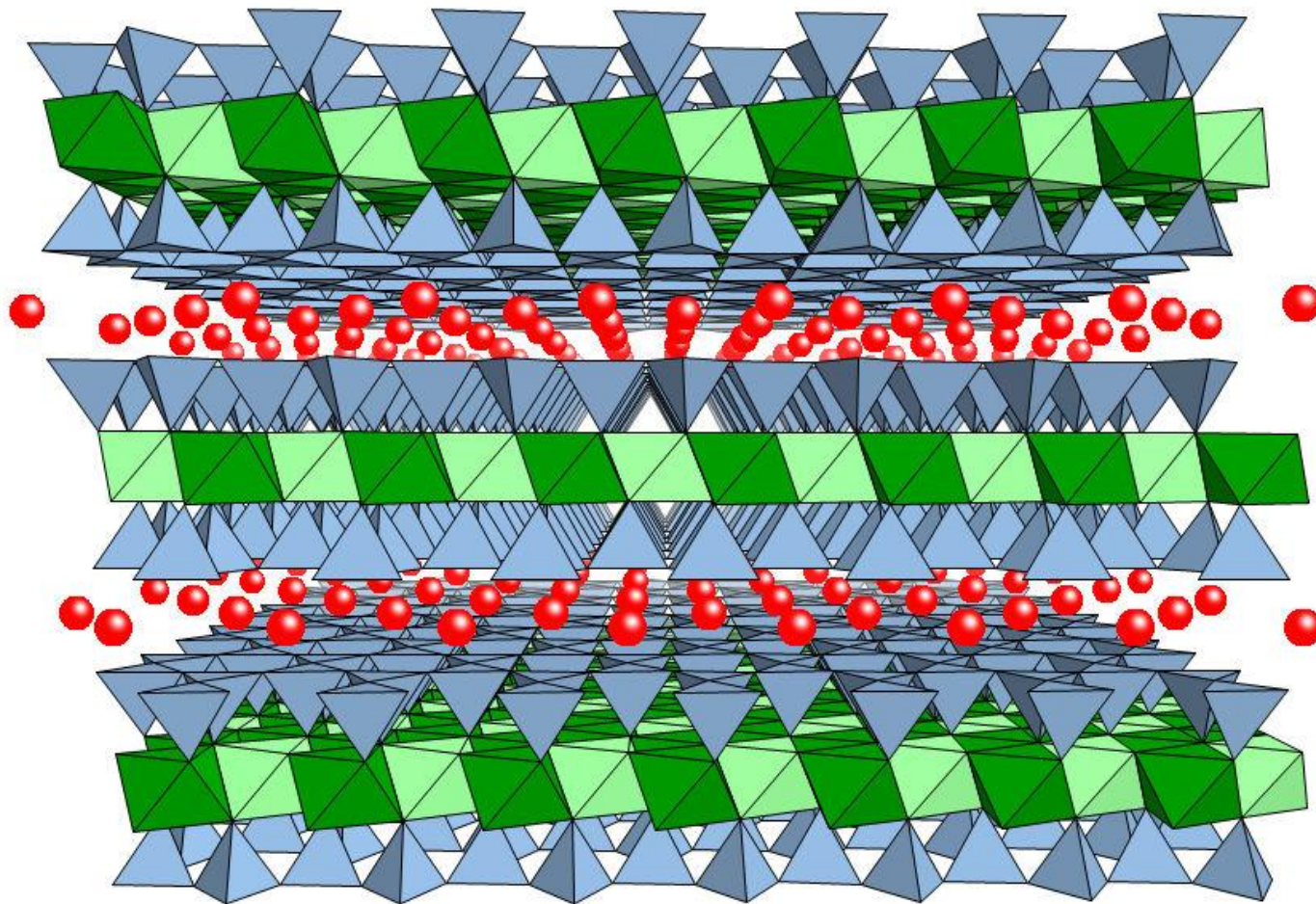
$$[12] r_{\text{K}^+} = 1.64 \text{ \AA}$$



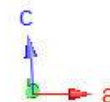
Η ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑ **ΒΙΟΤΙΤΗ** ($\text{K}[\text{Mg},\text{Fe}^{2+}]_3[\text{Al},\text{Fe}^{3+}]\text{Si}_3\text{O}_{10}[\text{OH},\text{F}]_2$) $\perp c$



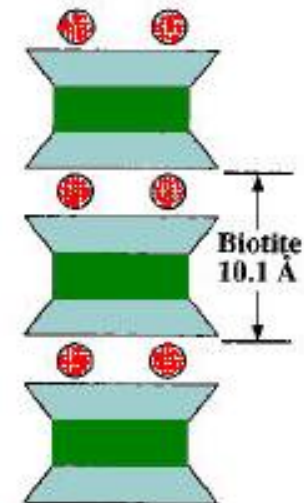
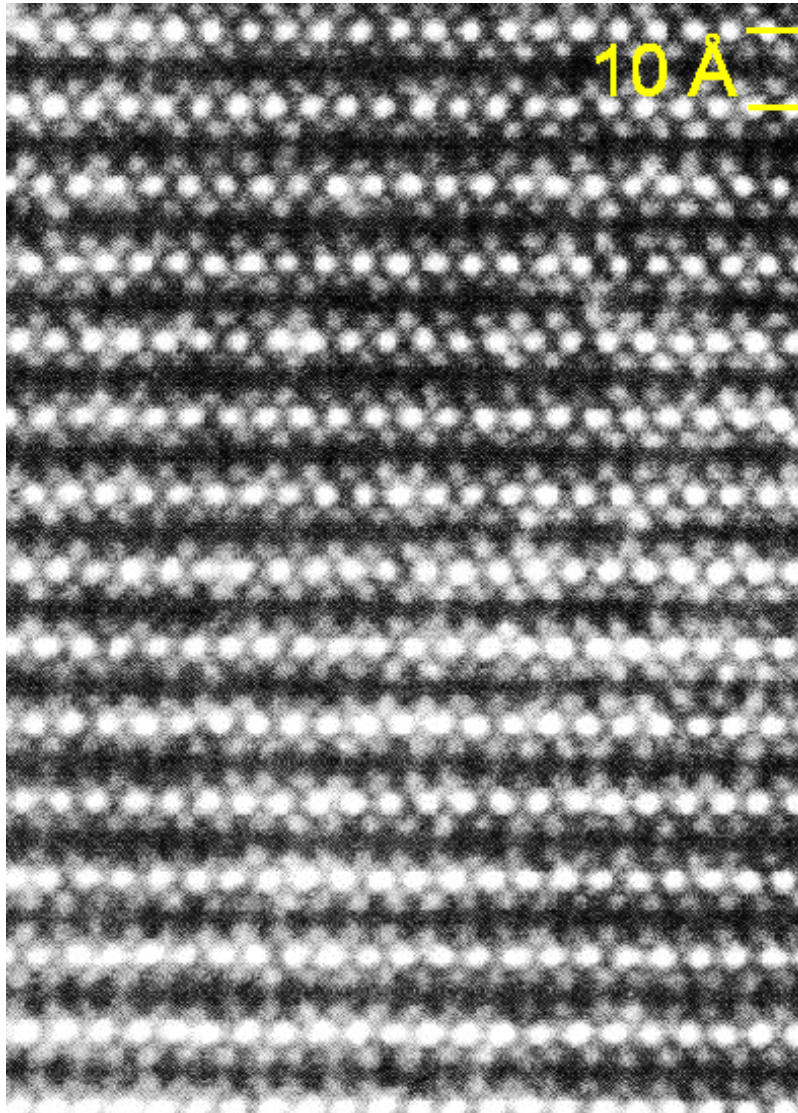
Η ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑ **ΒΙΟΤΙΤΗ** ($\text{K}[\text{Mg,Fe}^{2+}]_3[\text{Al,Fe}^{3+}]\text{Si}_3\text{O}_{10}[\text{OH,F}]_2$) \perp ***b***



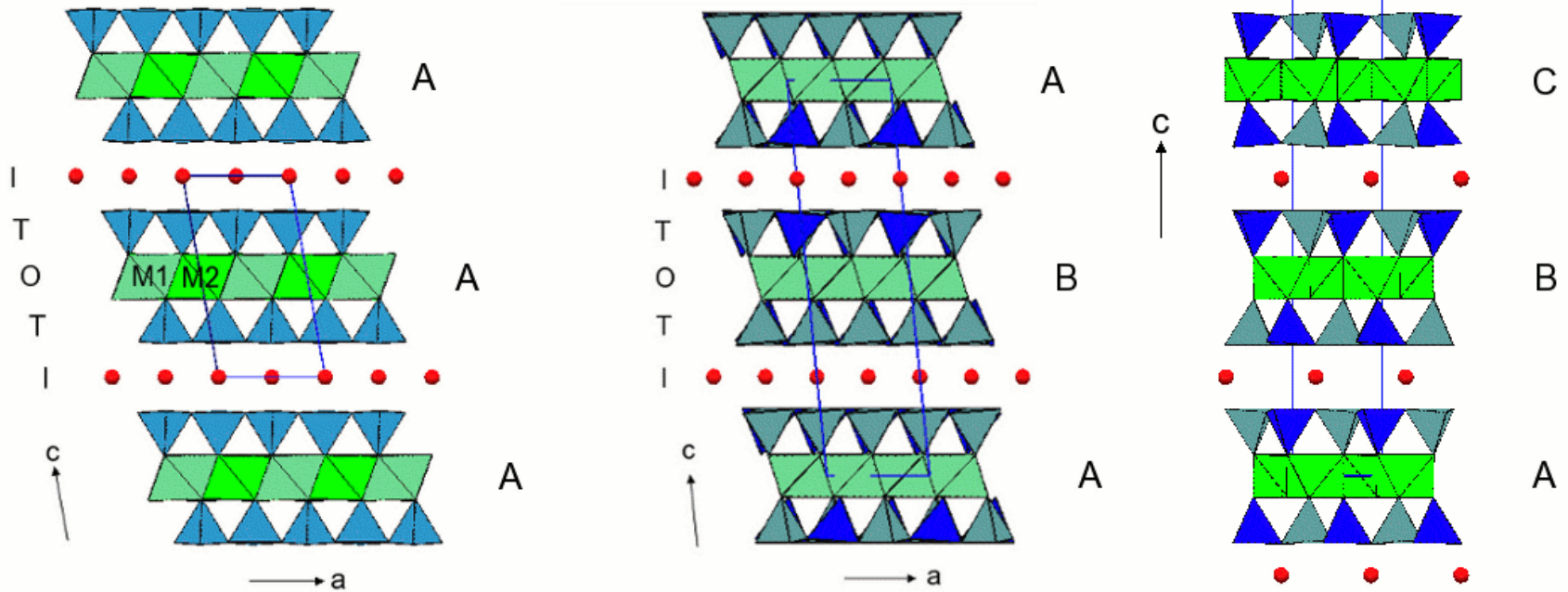
$$[12] r_{\text{K}^+} = 1.64 \text{ \AA}$$



Η ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑ **ΒΙΟΤΙΤΗ** ΣΤΟ ΤΕΜ

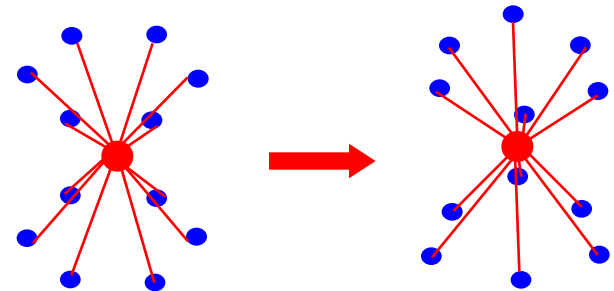


ΠΟΛΥΤΥΠΙΣΜΟΣ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΩΝ

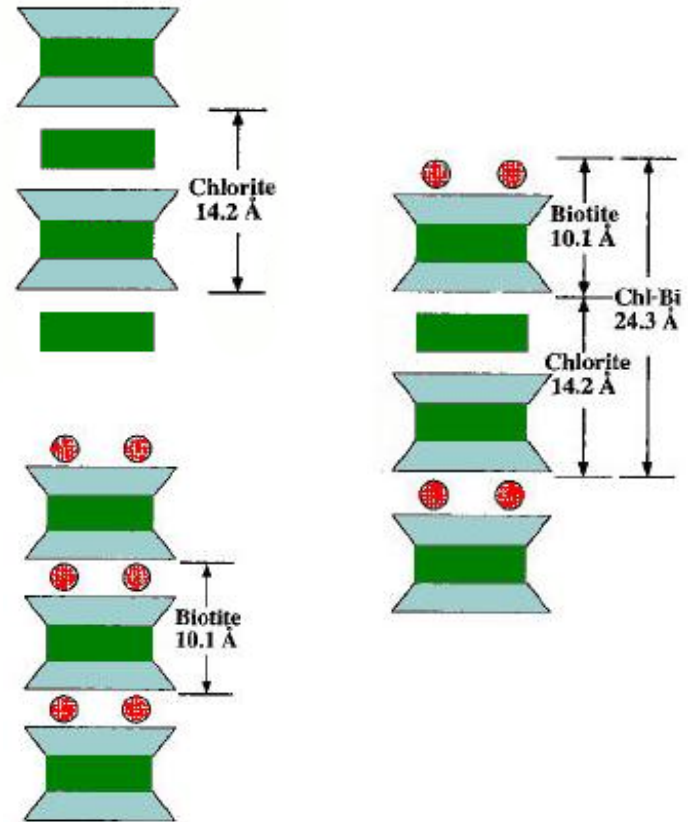
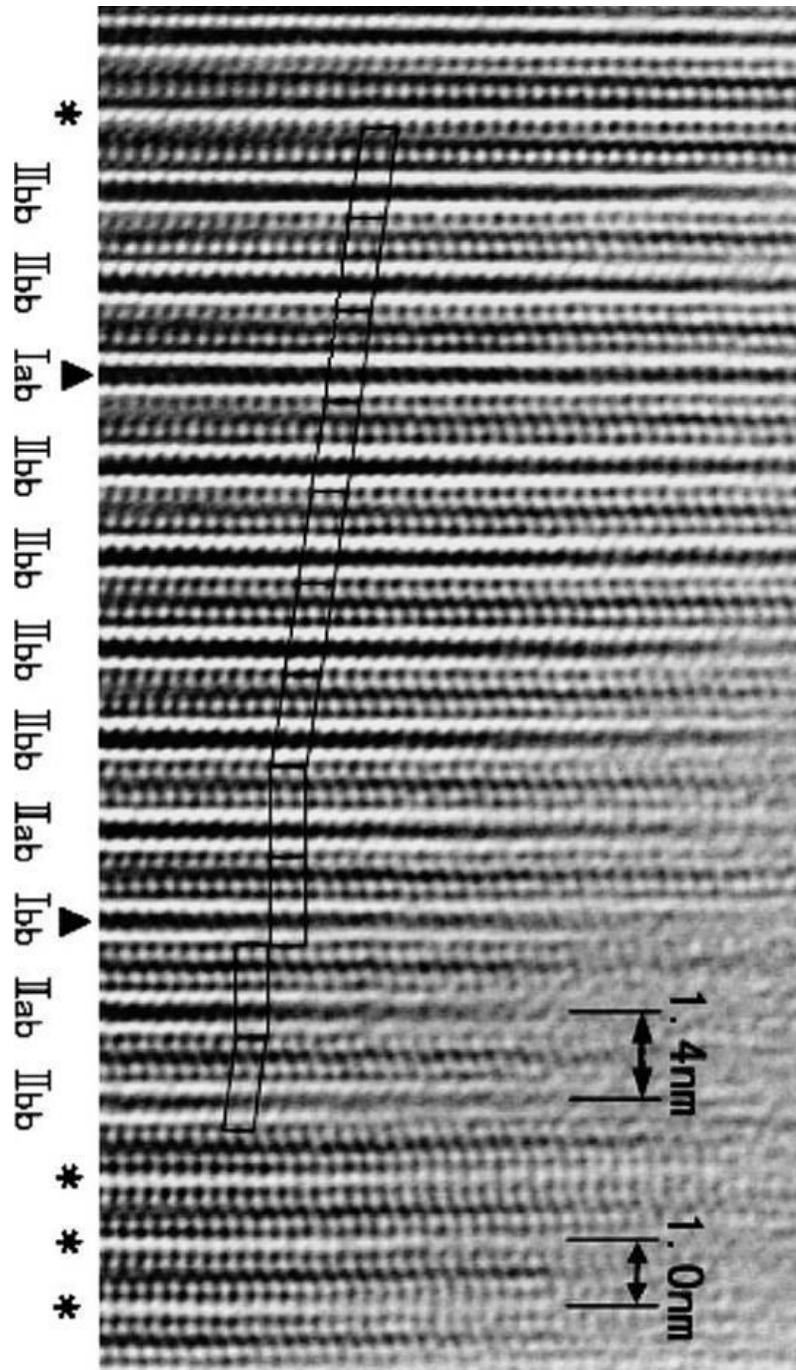


$$[12] r_{K^+} = 1.64 \text{ \AA}$$

“Παραμόρφωση” του πολυέδρου
συναρμογής (ΕΞΑΓΩΝΙΚΟ ΠΡΙΣΜΑ →
ΔΙΤΡΙΓΩΝΙΚΟ ΑΝΤΙΠΡΙΣΜΑ



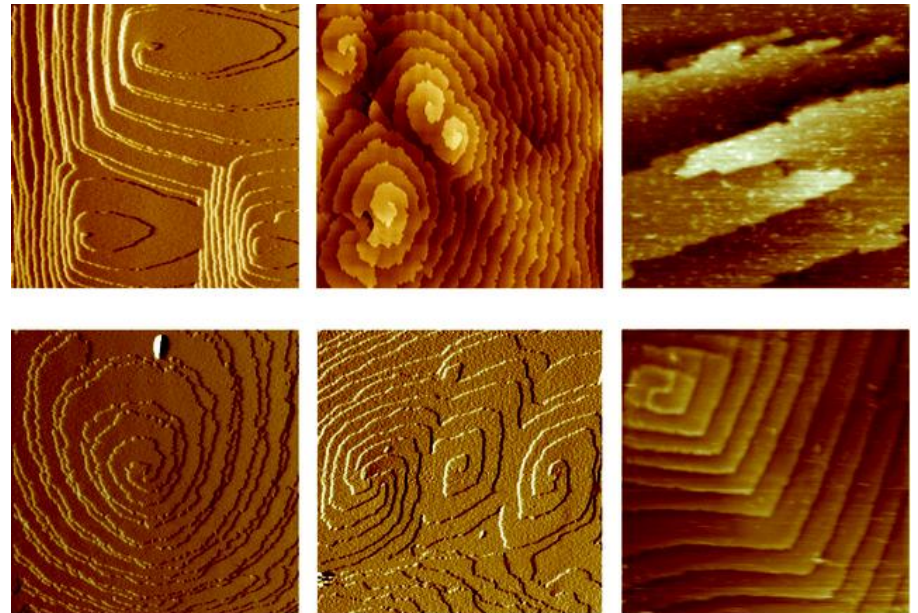
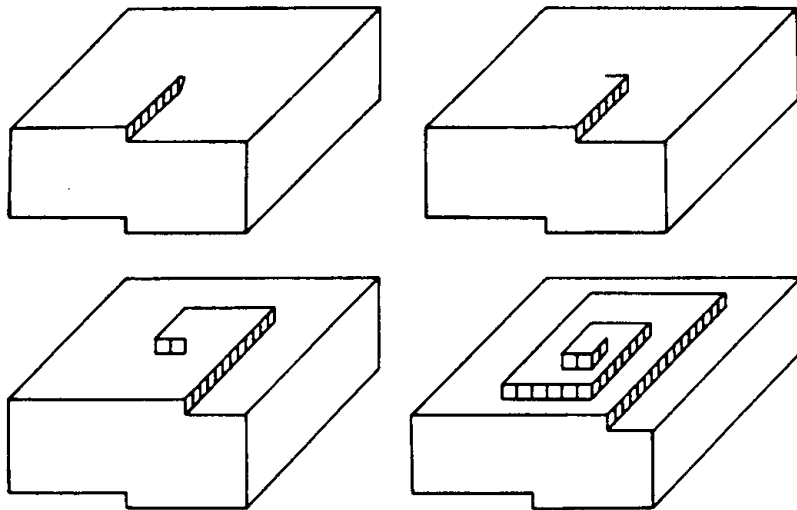
Ο ΠΟΛΥΤΥΠΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΙΟΤΙΤΗ ΣΥΣΧΕΤΙΖΕΤΑΙ ΣΥΧΝΑ ΜΕ ΤΗ "ΧΛΩΡΙΤΙΩΣΗ" (ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΤΟΙΒΑΔΩΝ ΧΛΩΡΙΤΗ)



ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΕΞΑΡΜΟΣΕΙΣ:

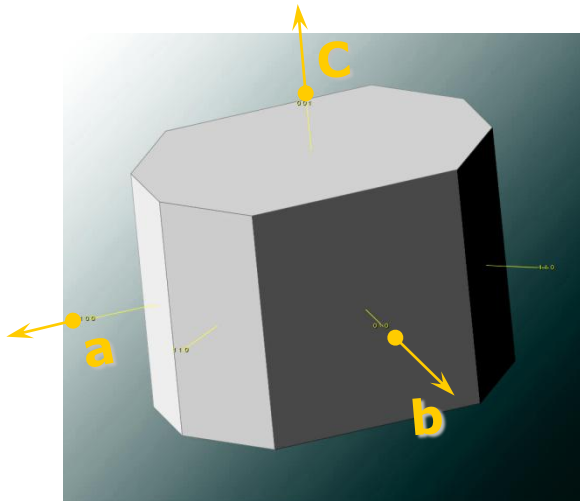
ΘΕΣΕΙΣ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΟΥΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΕ NANO-ΚΛΙΜΑΚΑ

(Nano-scale Spiral Crystal Growth)

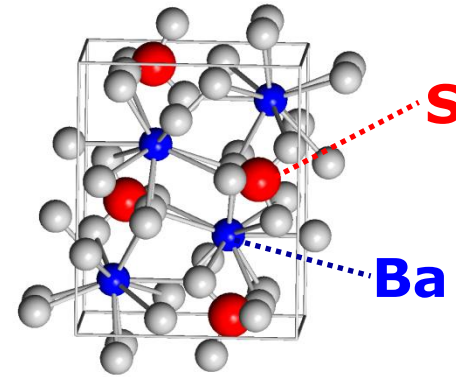


ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ (AFM)

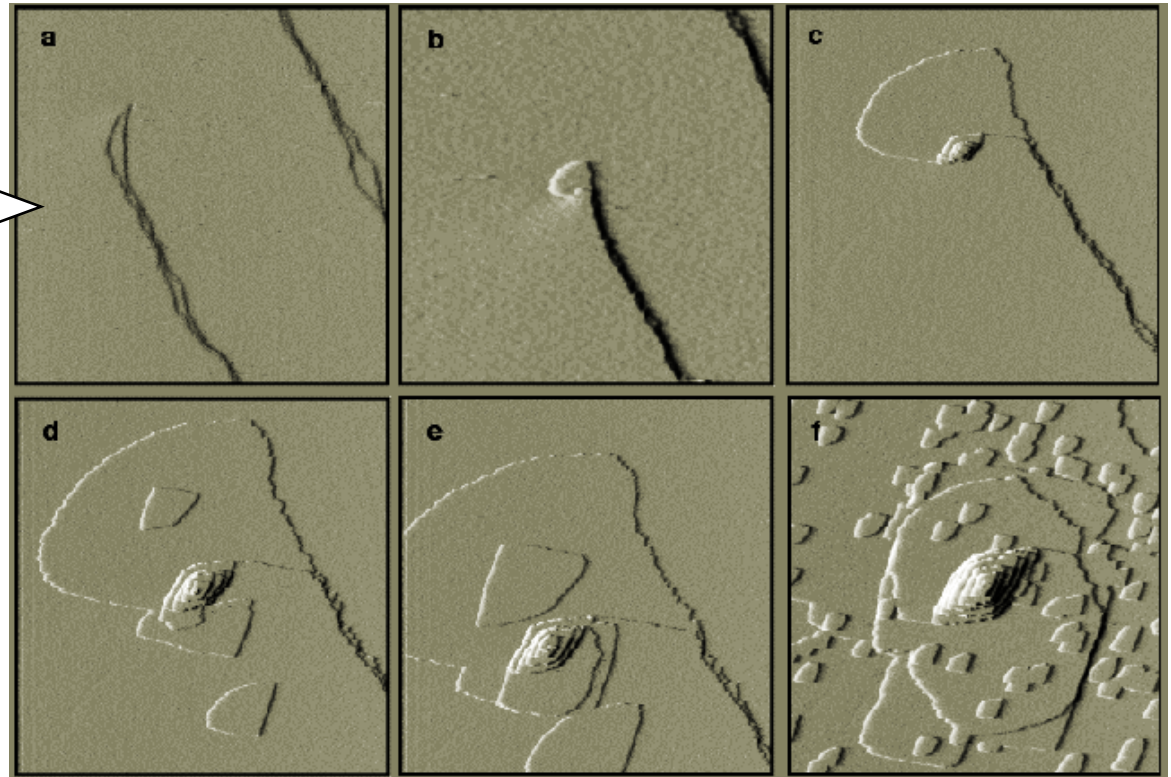
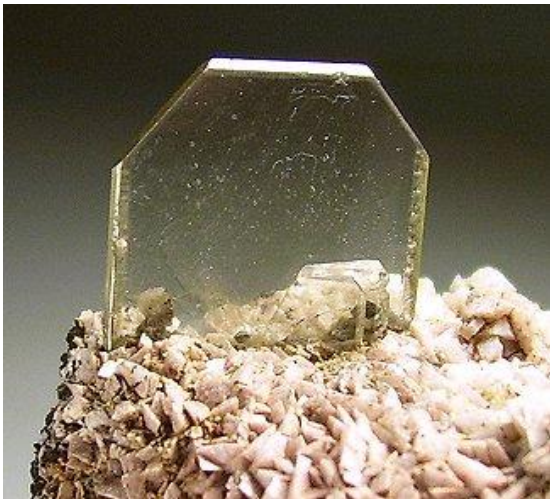
ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΡΥΤΗ



$BaSO_4$
Ρομβικό

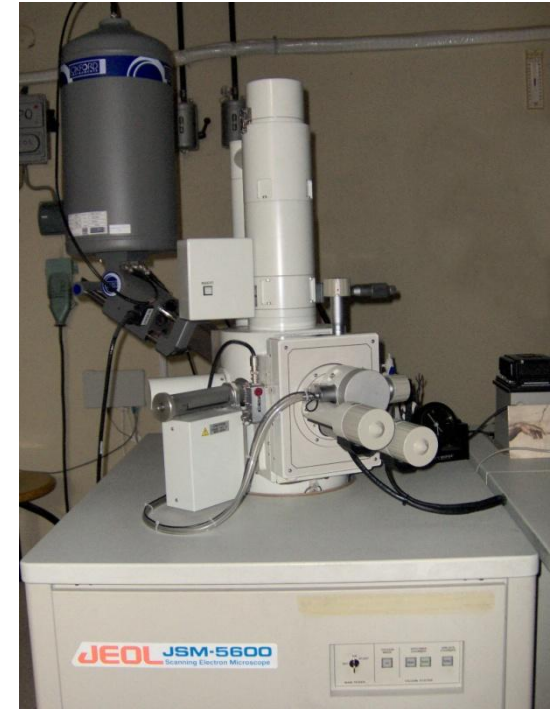
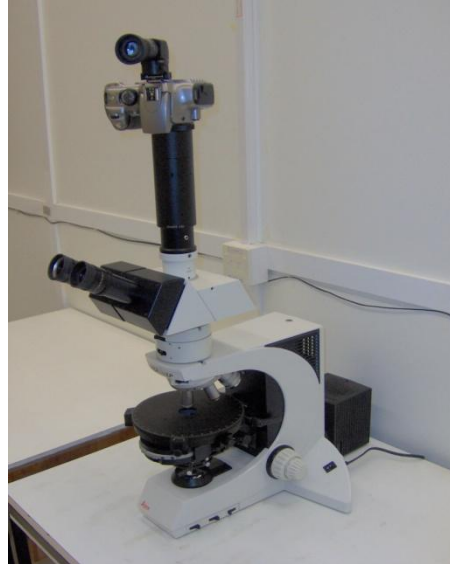


**(001) ΣΧΙΣΜΟΓΕΝΗΣ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ** →



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

**ΣΑΡΩΤΙΚΟ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ
ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ (SEM)**



**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ
ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ (TEM)**

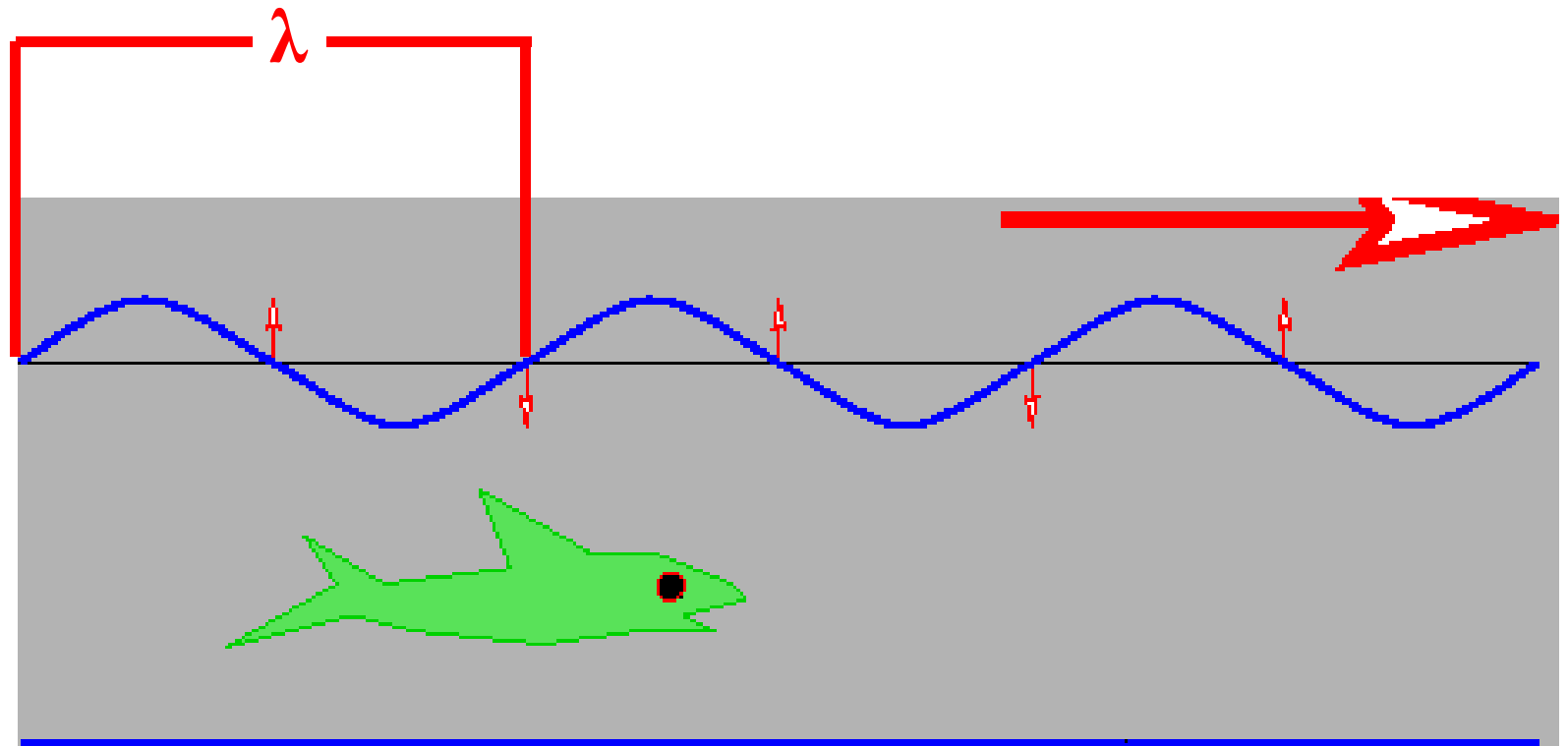
**ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
ΑΤΟΜΙΚΗΣ
ΔΥΝΑΜΗΣ (AFM)**

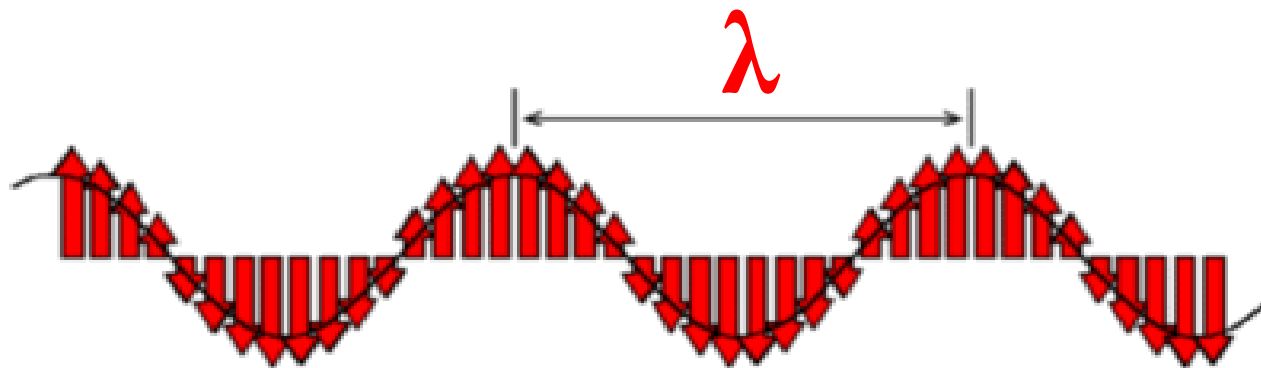


ΑΚΤΙΝΕΣ-Χ

***Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
πολύ μικρού μήκους κύματος
και υψηλής ενέργειας***

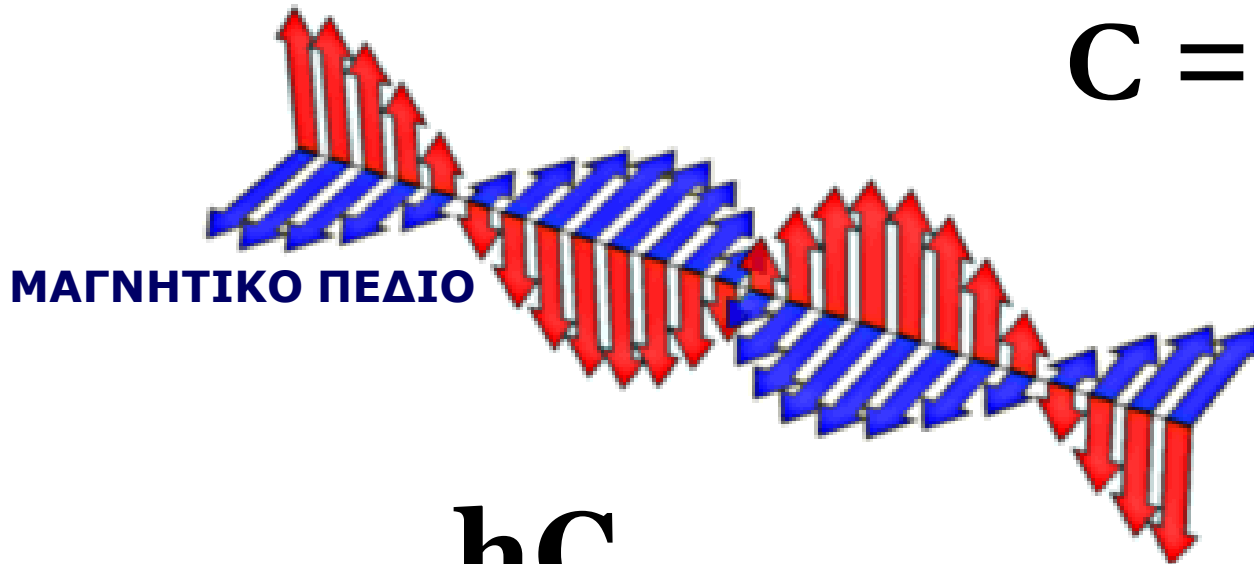
KYMA





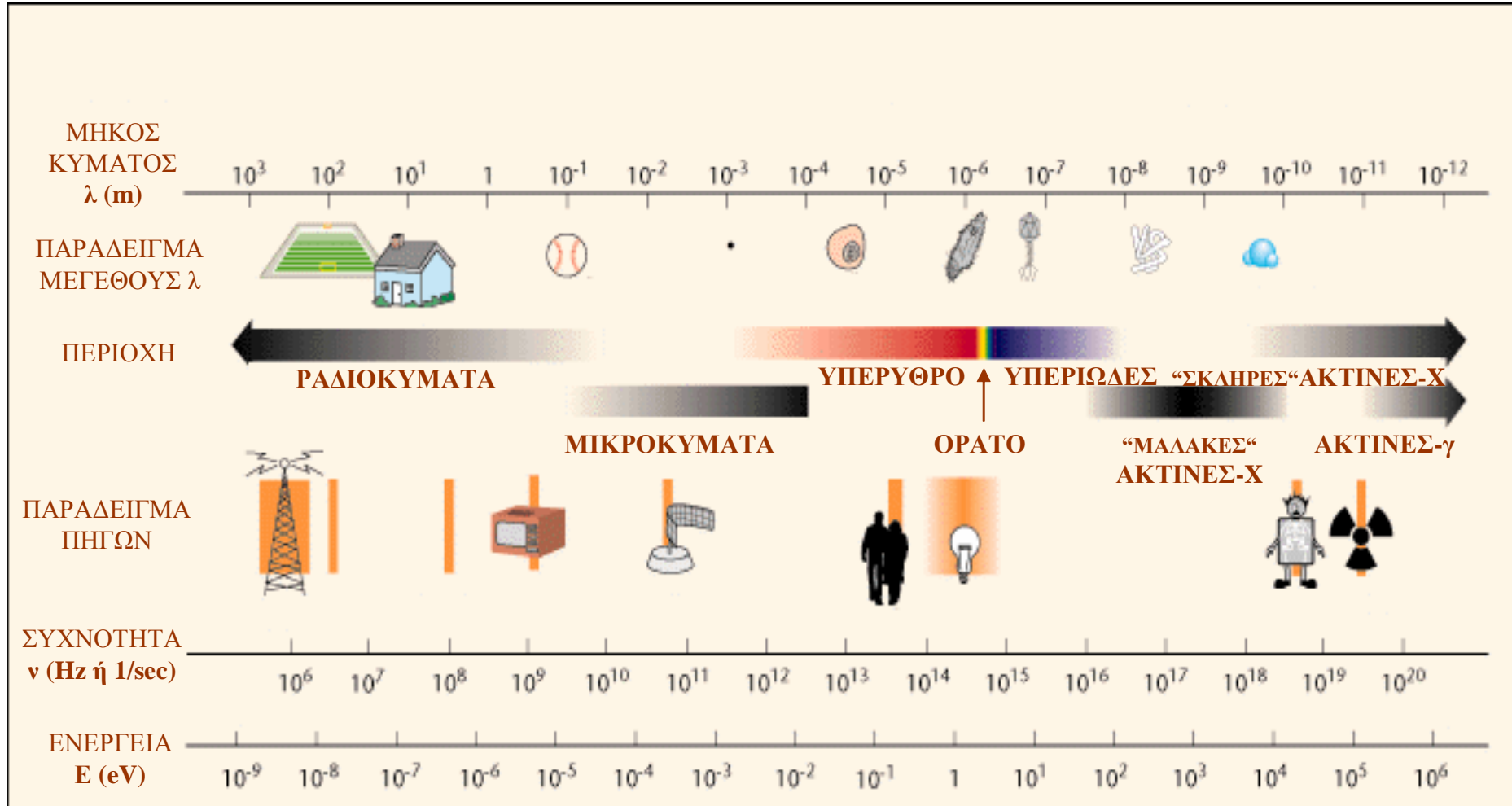
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

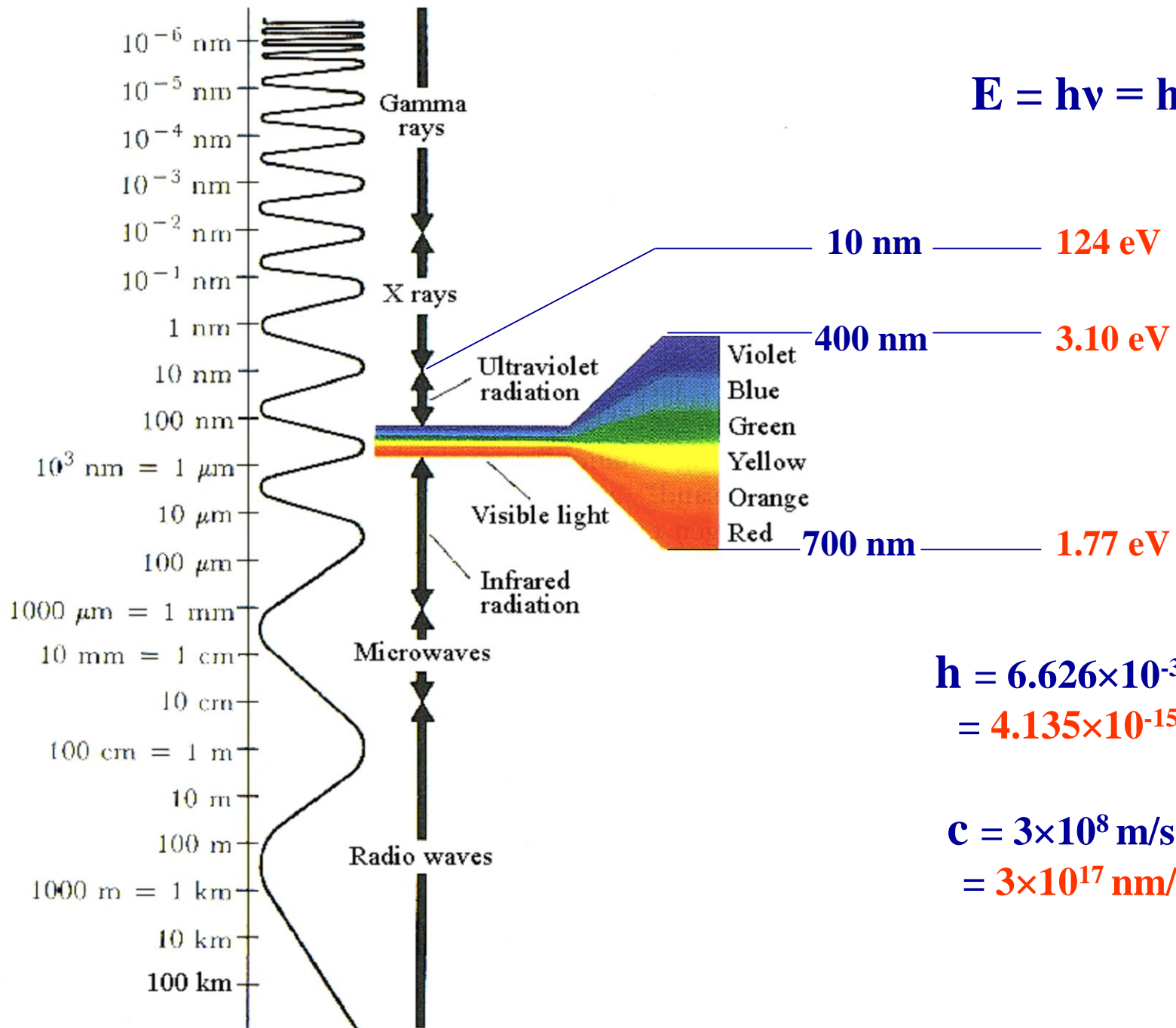
$$C = \nu \lambda$$



$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

ΑΚΤΙΝΕΣ-Χ



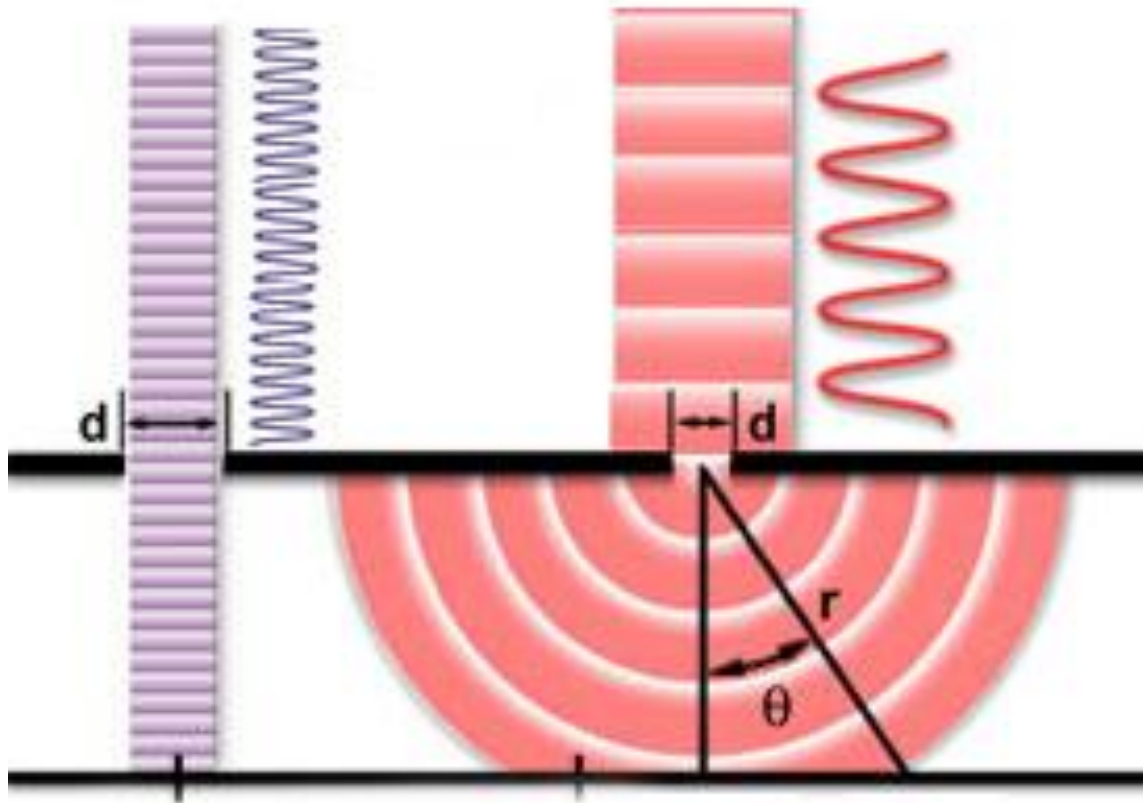


$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js} = 4.135 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 3 \times 10^{17} \text{ nm/s}$$

ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ





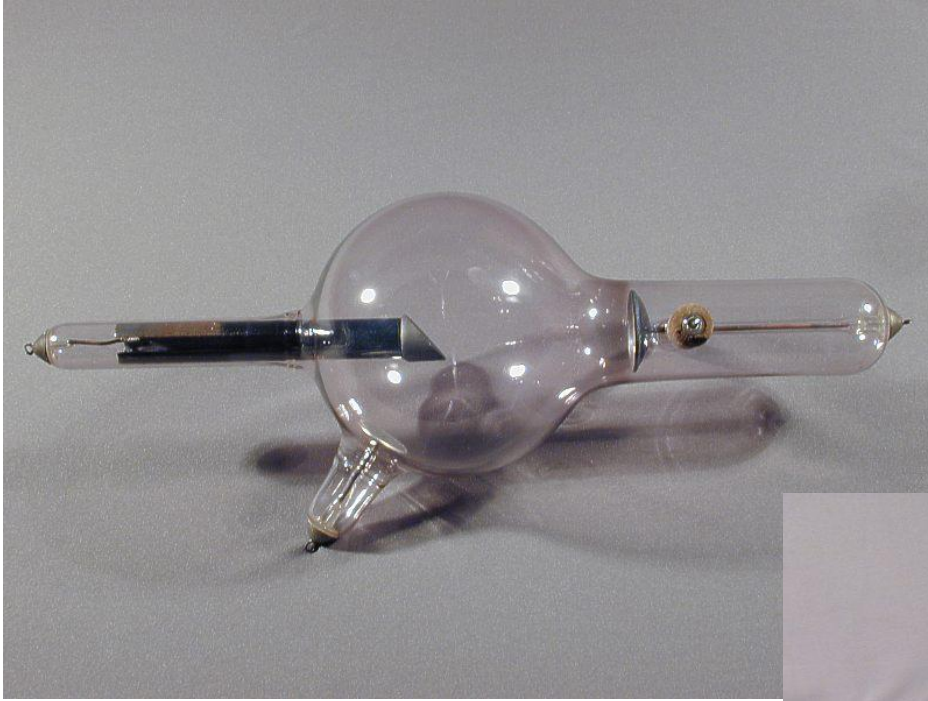
W.C. Röntgen (1845-1923)

ΑΚΤΙΝΕΣ-Χ (RÖNTGEN)

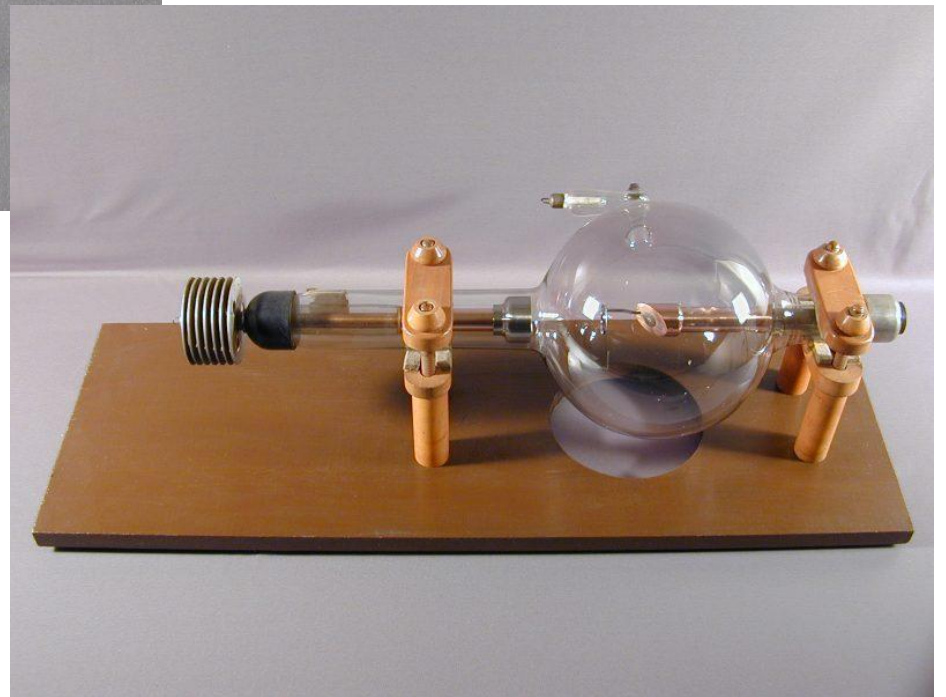
ΒΡΑΒΕΙΟ Nobel ΦΥΣΙΚΗΣ 1901



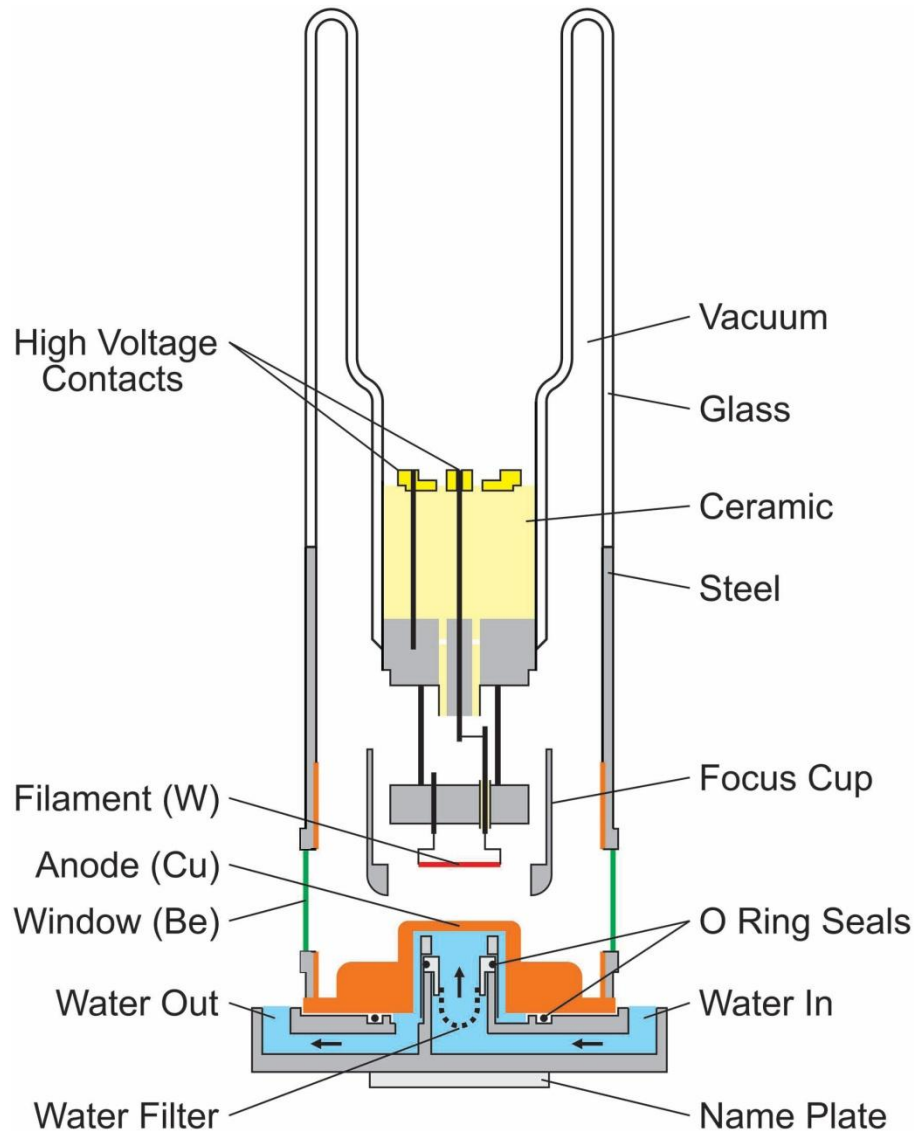
1896



1926



ΚΛΑΣΙΚΟΣ ΓΥΑΛΙΝΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ (ΛΥΧΝΙΑ) ΑΚΤΙΝΩΝ-X ΓΙΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ (XRD)

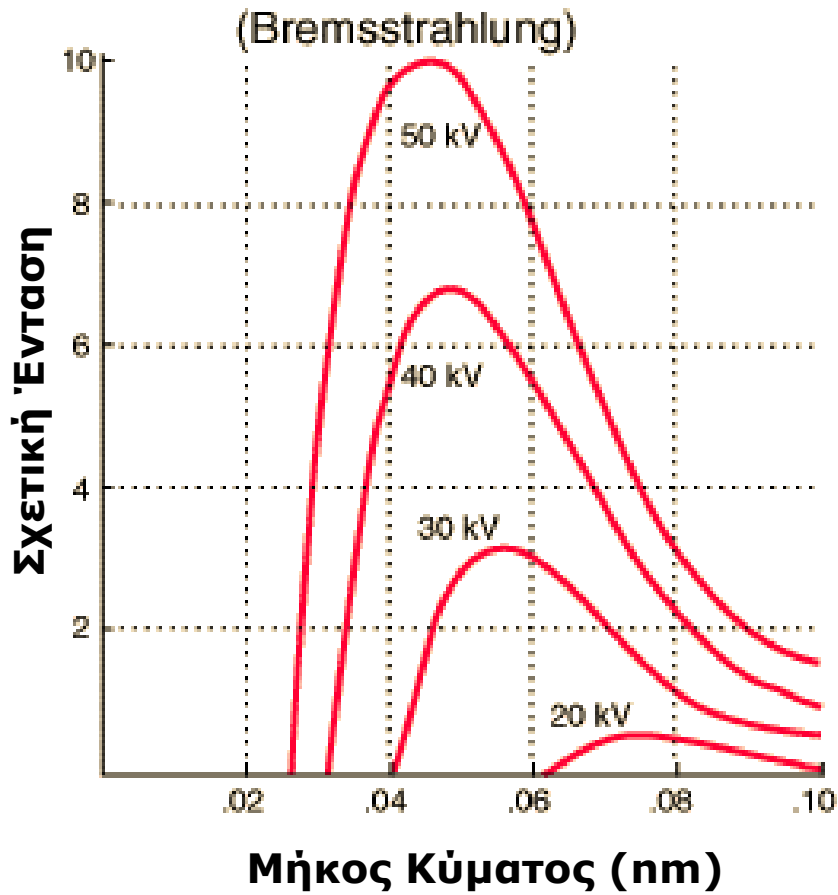


ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ (ΛΥΧΝΙΕΣ) ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ ΓΙΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ (XRD) ΚΑΙ ΦΘΟΡΙΣΜΟ (XRF)

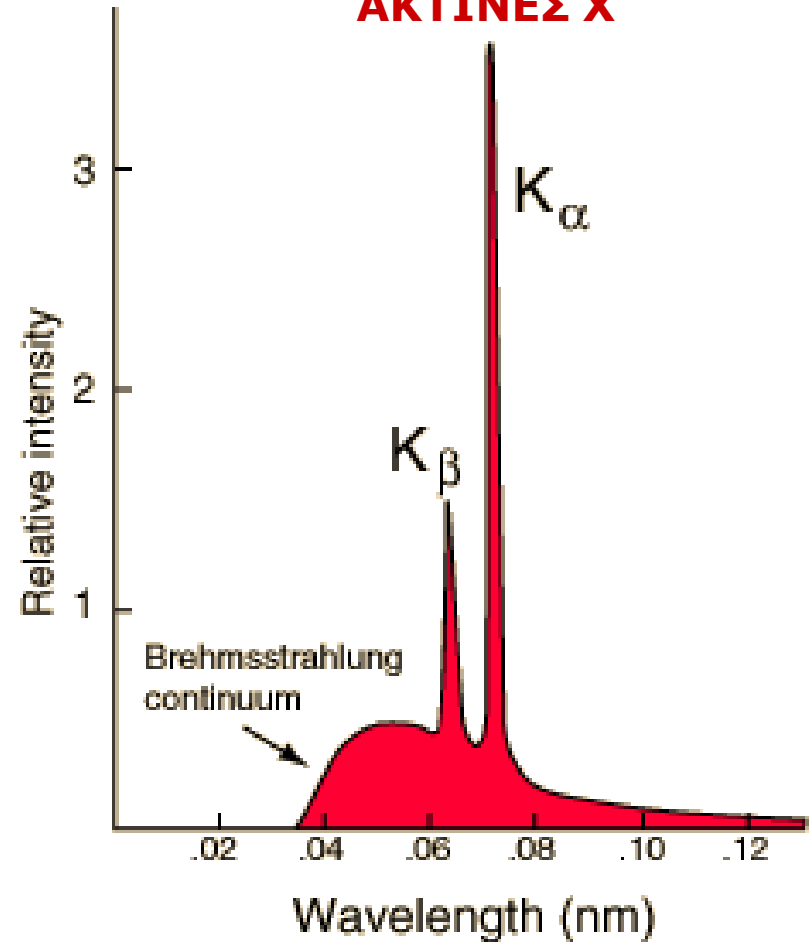


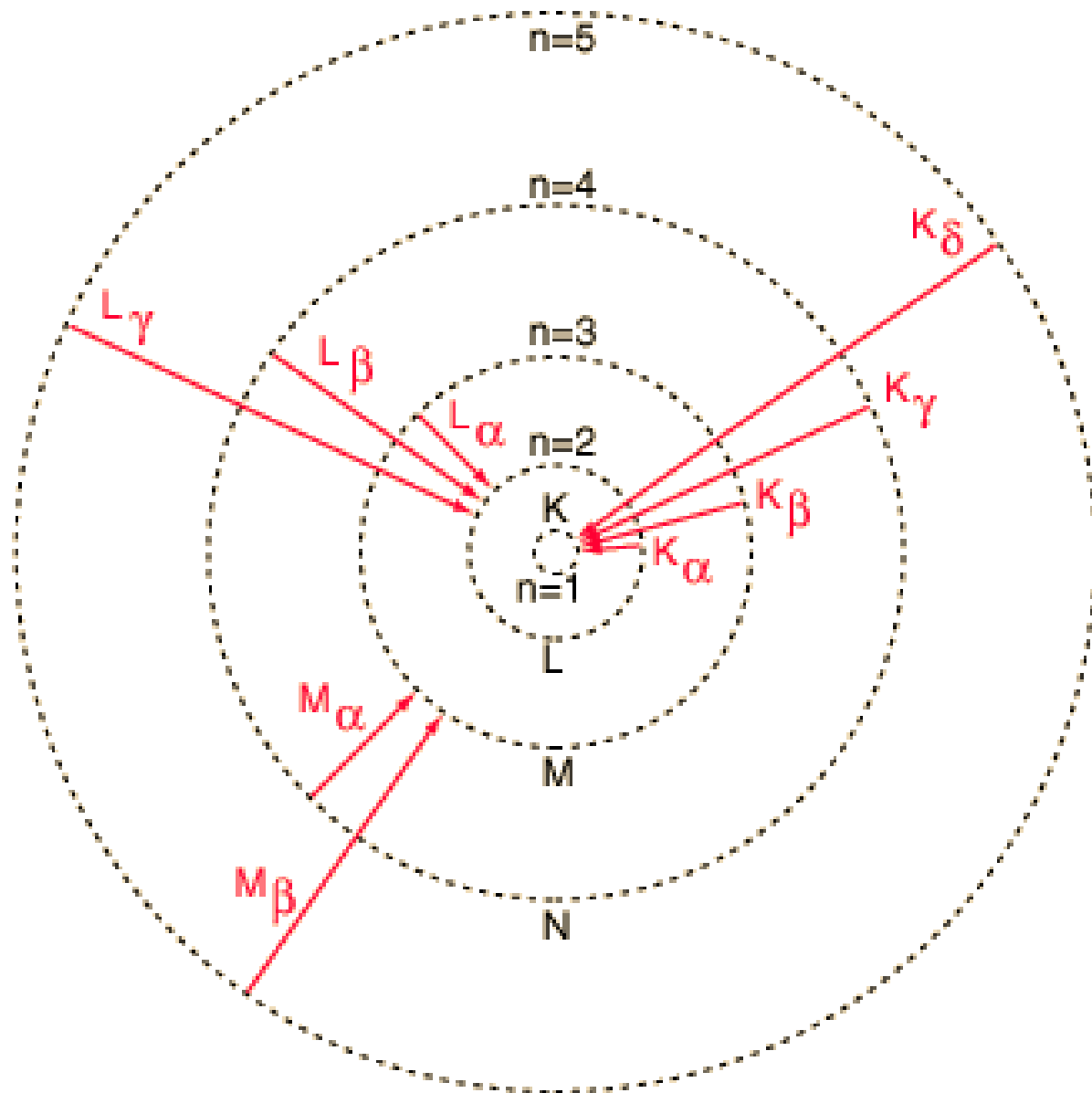
PANalytical

ΣΥΝΕΧΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Χ



ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ Χ







Max von Laue (1879-1959)

ΒΡΑΒΕΙΟ Nobel ΦΥΣΙΚΗΣ 1914

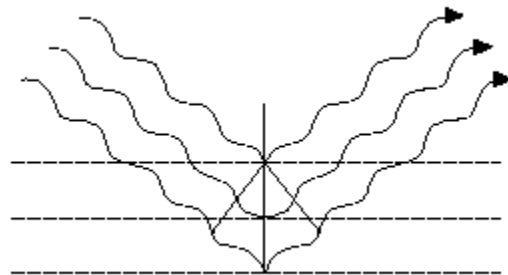


Fig. 1

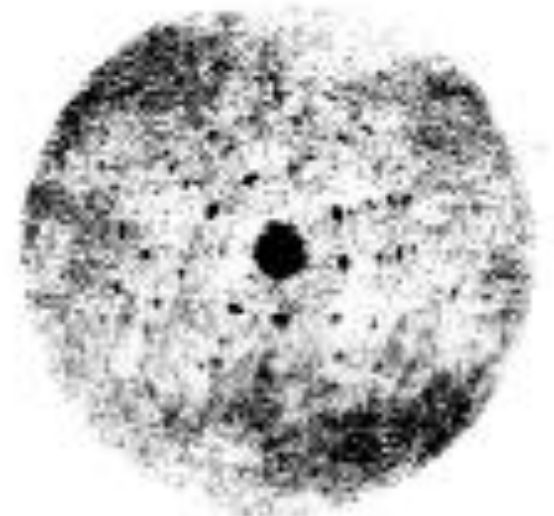


Fig. 2

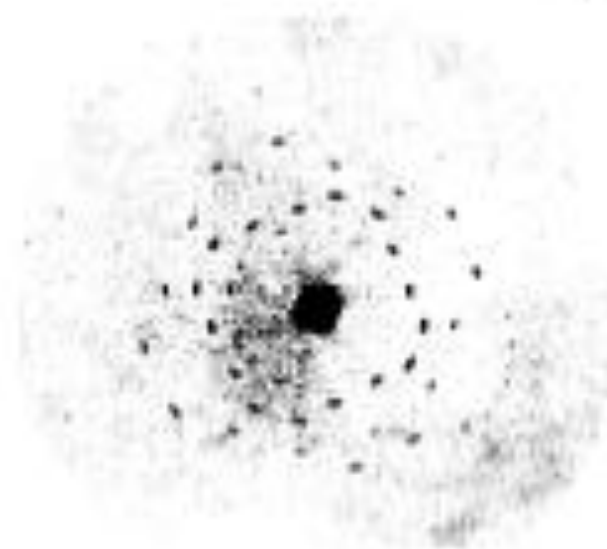
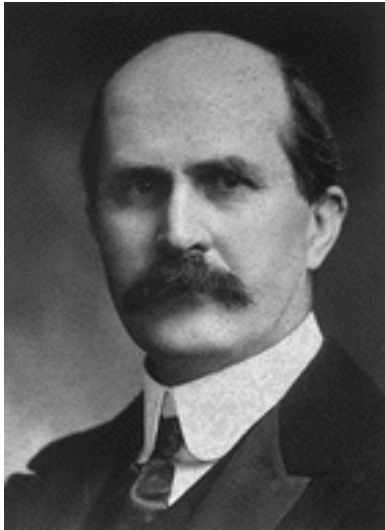


Fig. 3



William Henry Bragg (1862-1942)
William Lawrence Bragg (1890-1971)

ΒΡΑΒΕΙΟ Nobel ΦΥΣΙΚΗΣ 1915



Fig. 6.

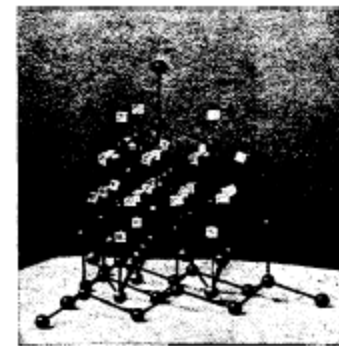
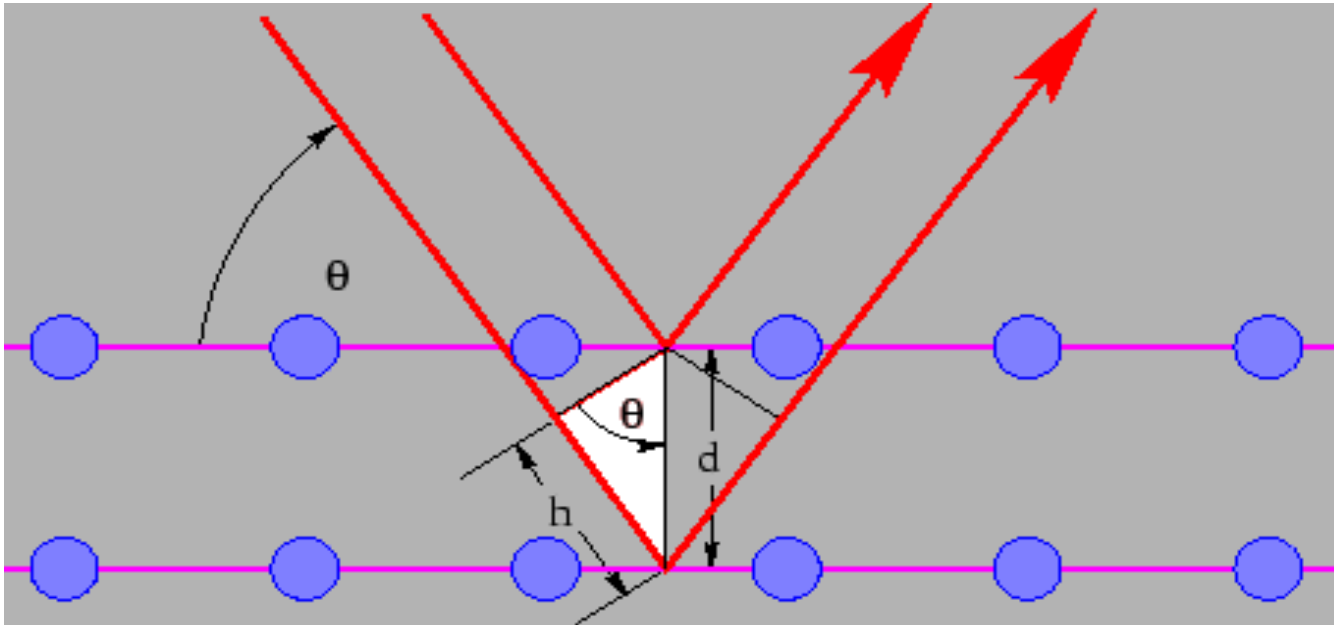


Fig. 7.

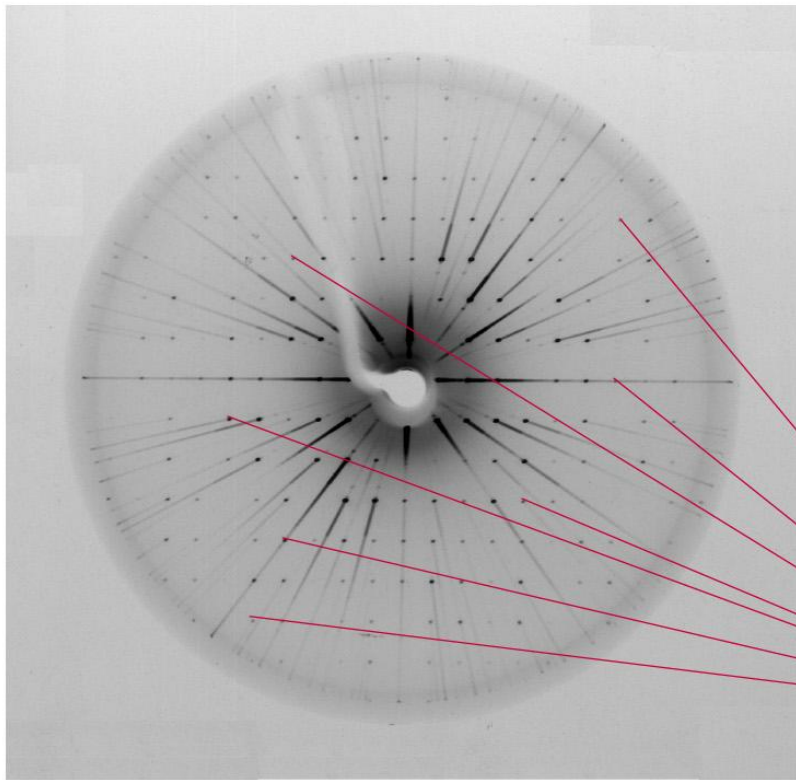
Fig. 6. *Calcite* (CaCO_3). The *white balls* represent calcium; the *black balls*, carbon; and the *cubes*, oxygen.

NΟΜΟΣ Bragg

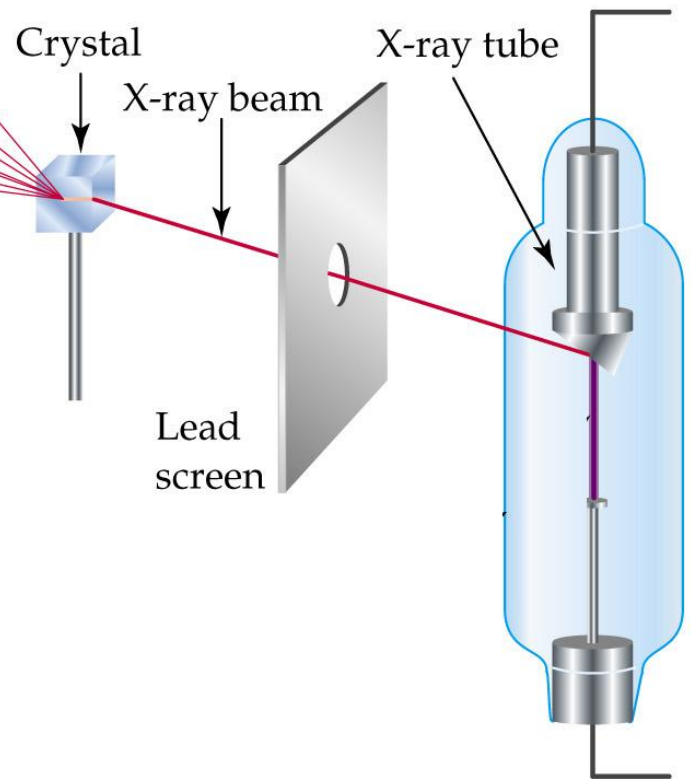
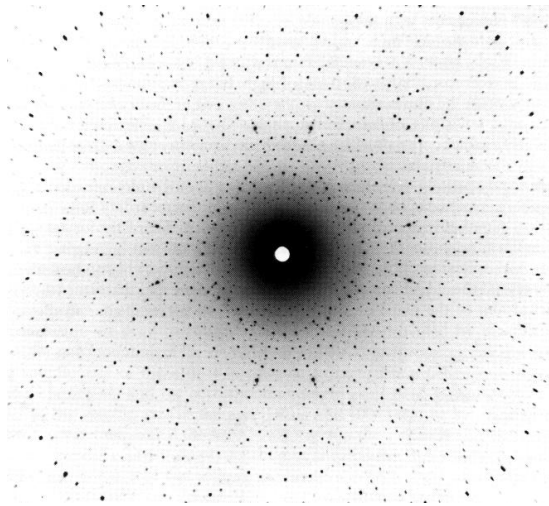


$$n\lambda = 2d\eta\mu\theta$$

ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ
ΣΕ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΟ
(single-crystal XRD)



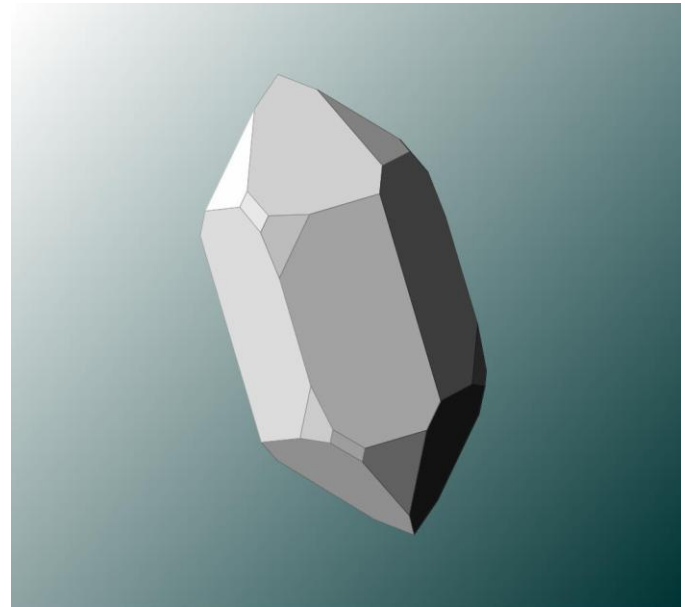
Photographic
film



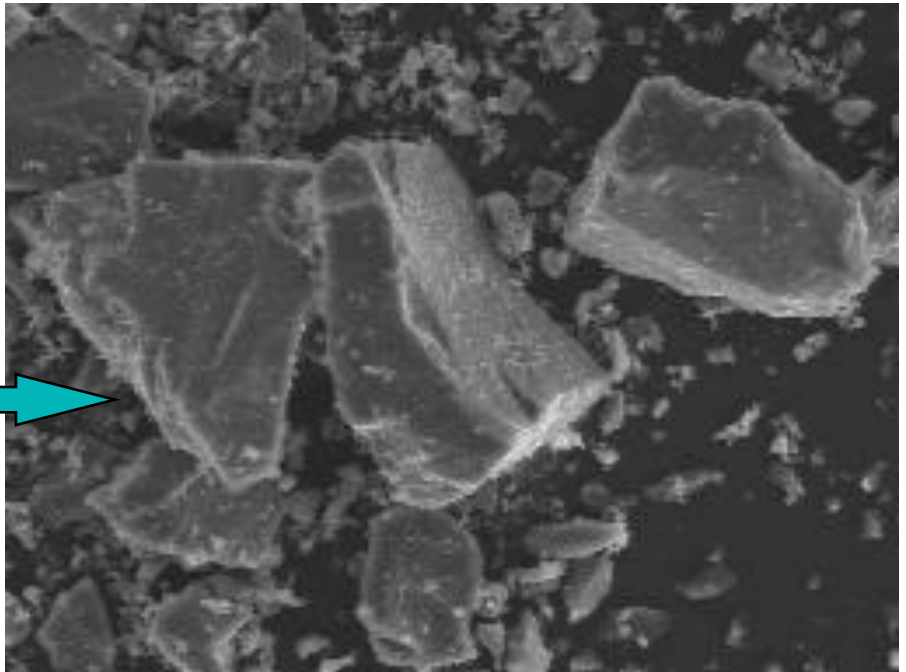
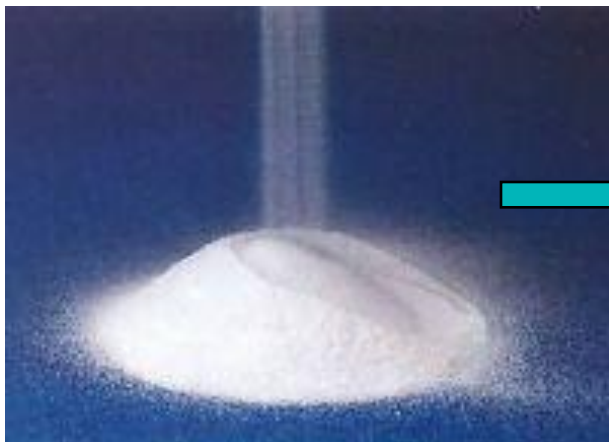
ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ

ΣΕ ΣΚΟΝΗ

(powder XRD / PXRD)



ΧΑΛΑΖΙΑΣ (SiO_2)





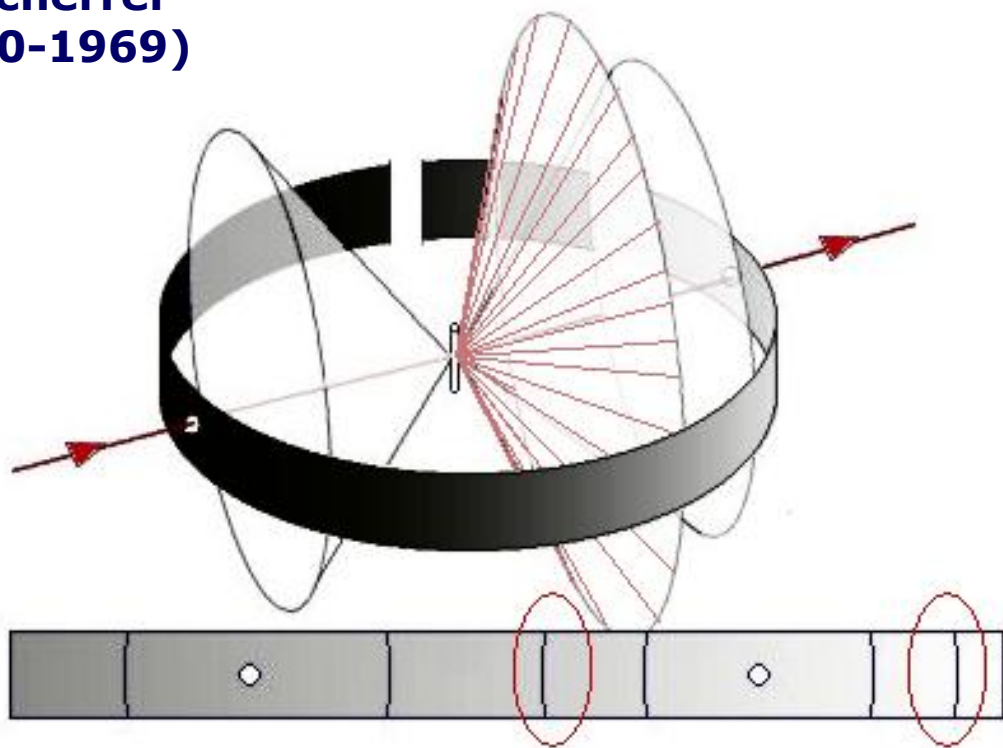
**P.W. Debye
(1884-1966)**

**ΒΡΑΒΕΙΟ Nobel
ΧΗΜΕΙΑΣ 1936**



**P. Scherrer
(1890-1969)**

Μέθοδος **Debye- Scherrer**





NaCl



Na₂SO₄



Περιθλασίμετρο Ακτίνων-Χ Σκόνης

ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ

X-Rays

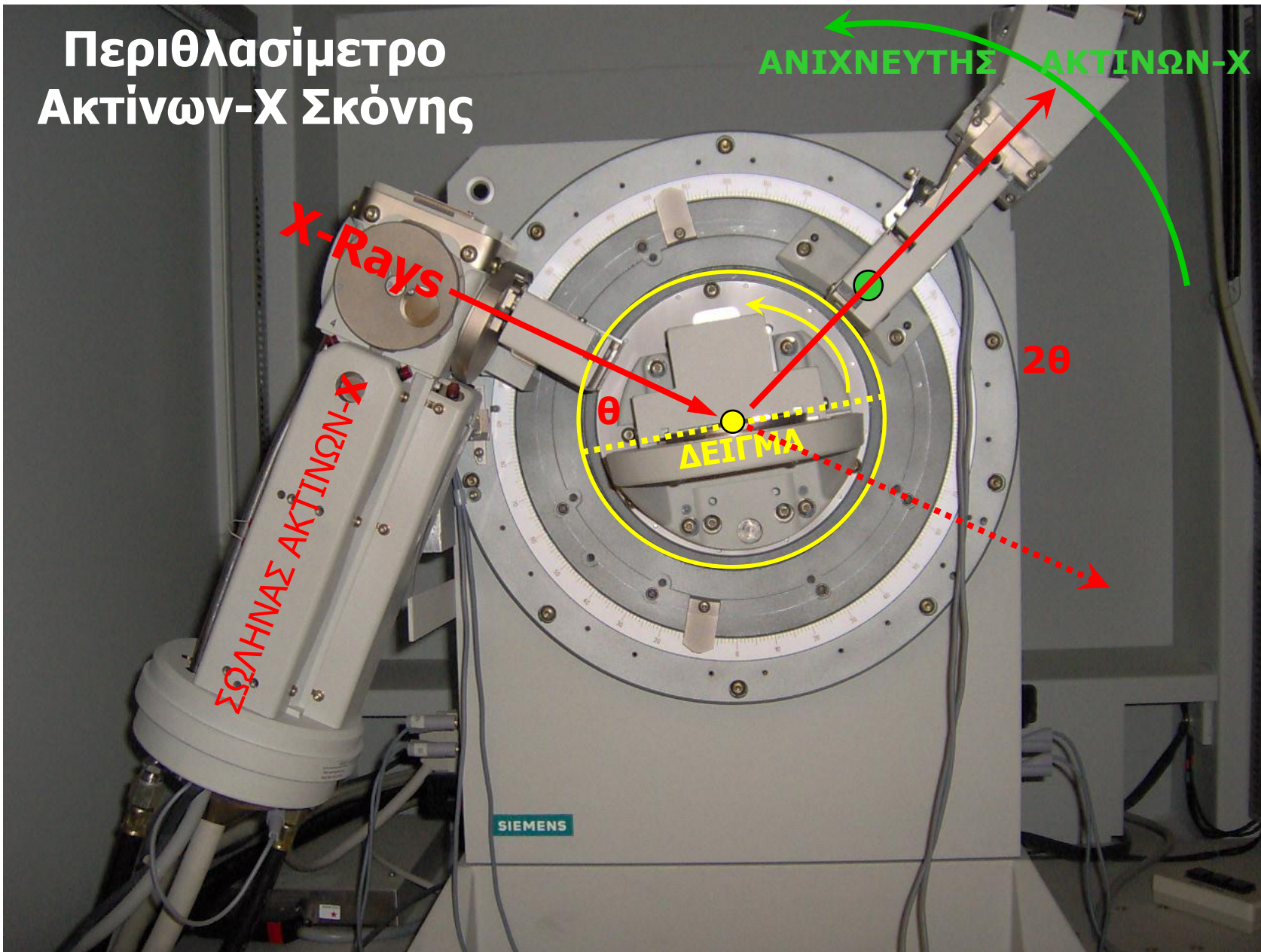
ΣΩΛΗΝΑΣ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ

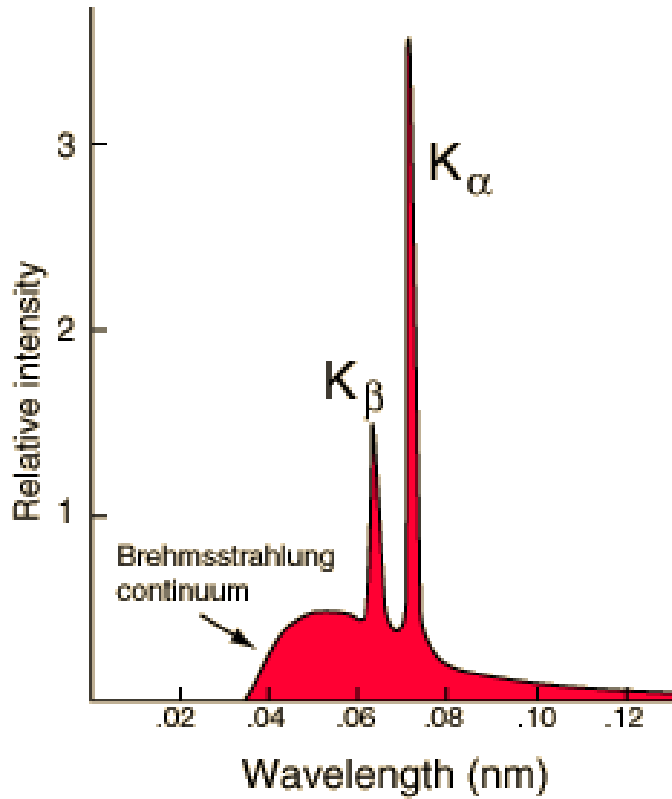
θ

ΔΕΙΓΜΑ

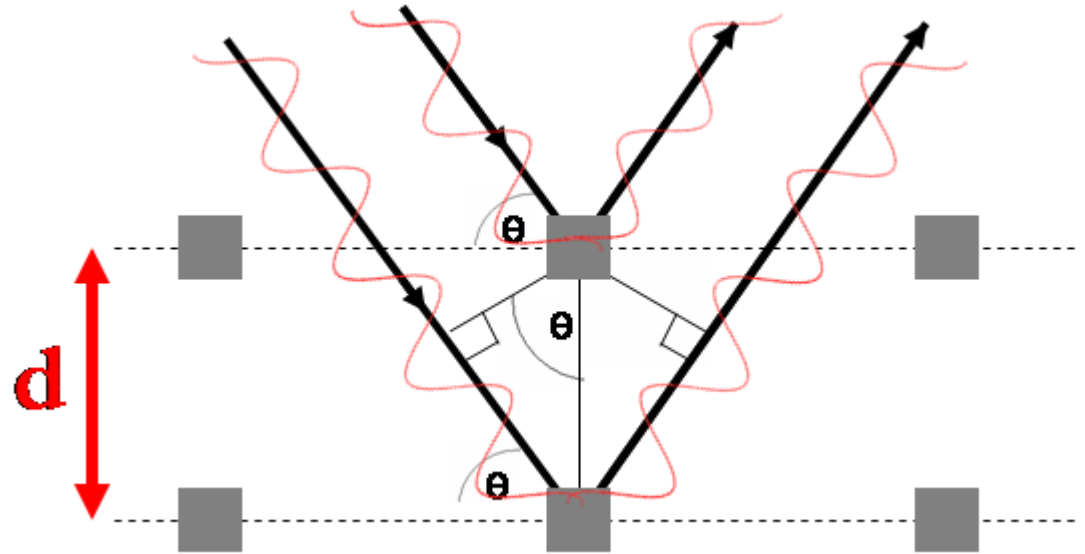
2θ

SIEMENS





MoK_α :
 $\lambda \approx 0.71 \text{ \AA}$

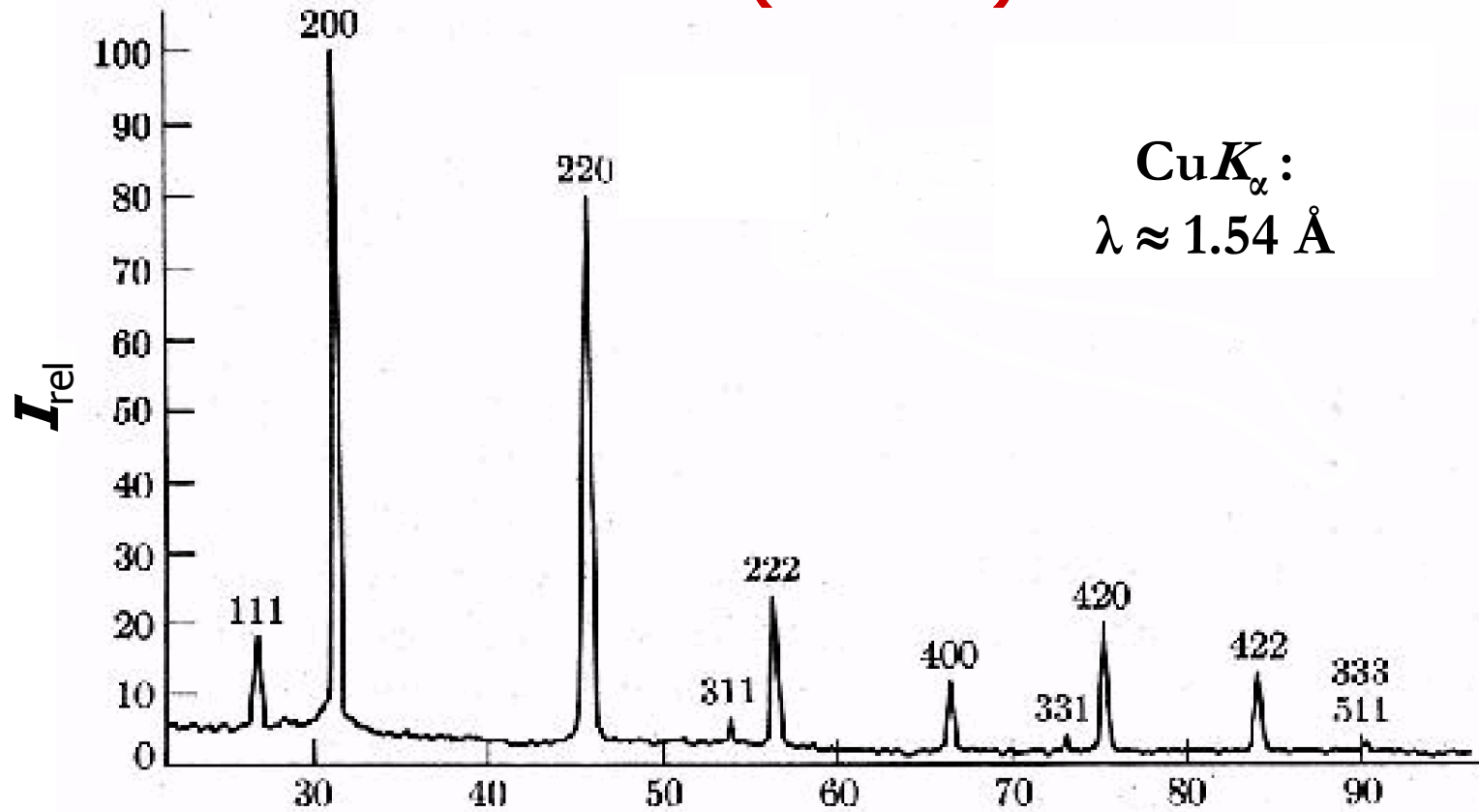


$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ ΣΚΟΝΗΣ

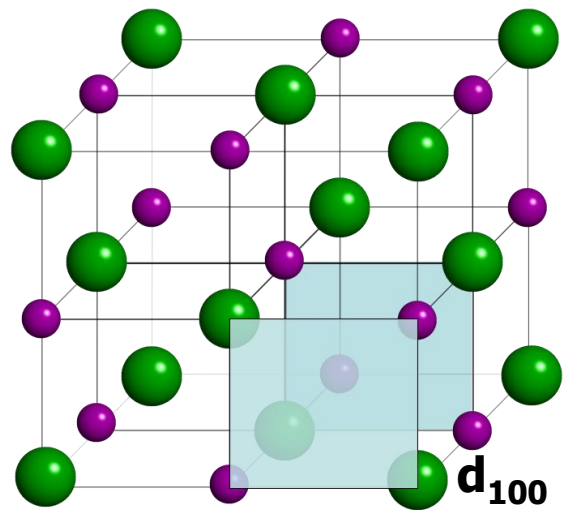
NaCl (ΑΛΙΤΗΣ)

CuK_α :
λ ≈ 1.54 Å

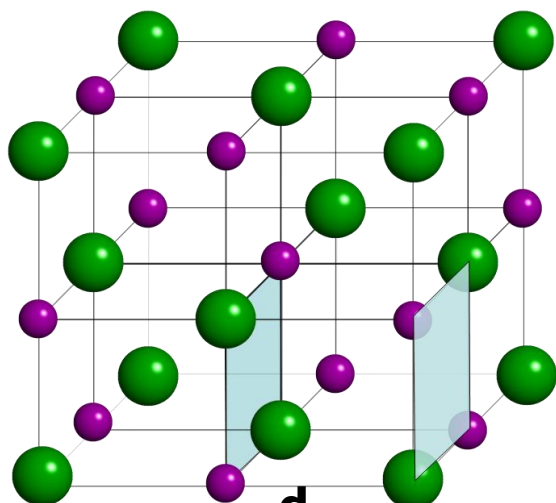


$$I(\text{INTENSITY})_{\text{rel}} = \frac{\text{Counts} * 100}{\text{Counts}_{\text{max}}}$$

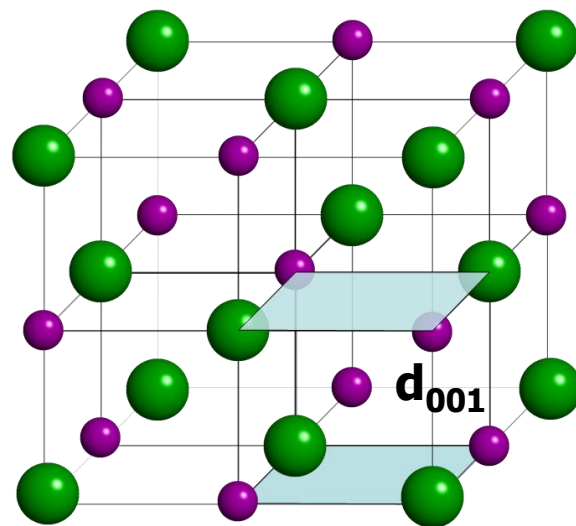
2θ(°)



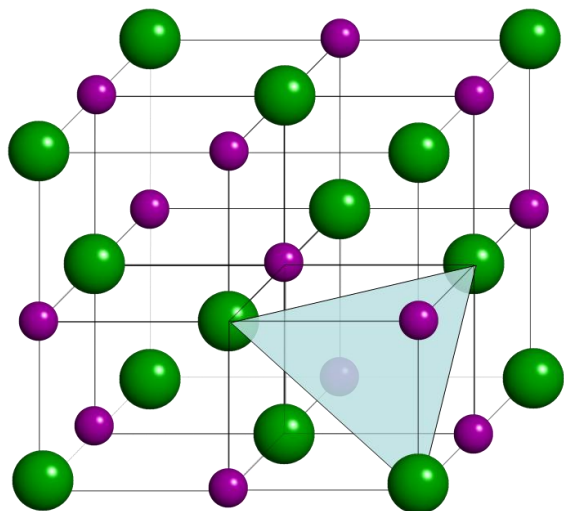
(100)



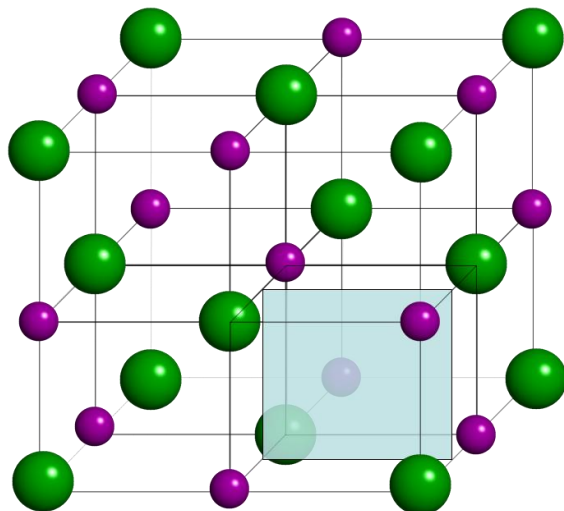
d_{010}
 (010)



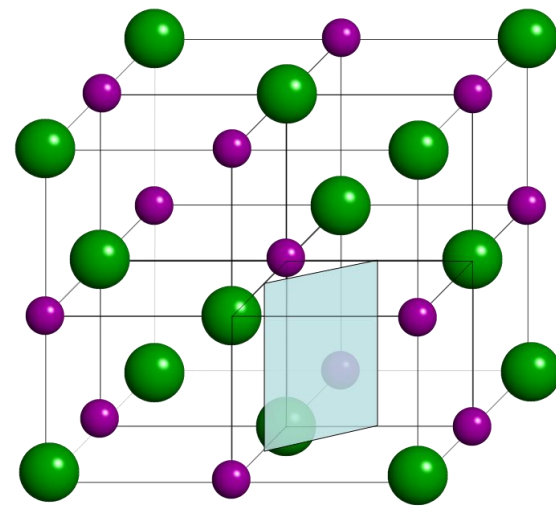
d_{001}
 (001)



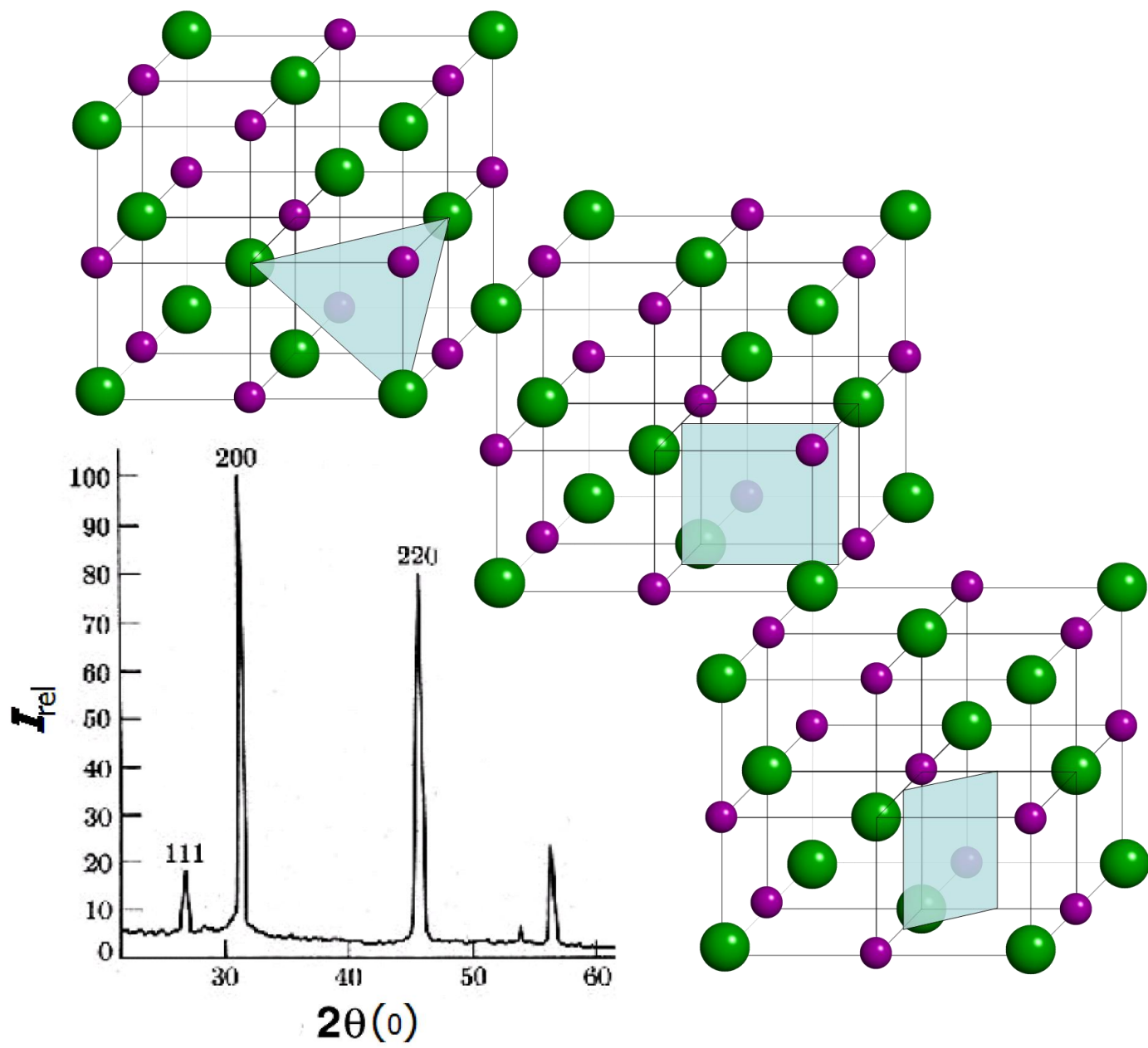
(111)



(200)



(220)



KYBIKO: $a=b=c=a_0$ και $d_{hkl} = a_0/(h^2+k^2+l^2)^{1/2}$

$$\lambda = 2d_{hkl}\sin\theta_{hkl} \Rightarrow \lambda^2 = 4d_{hkl}^2\sin^2\theta_{hkl} \Rightarrow$$

$$\lambda^2 = (4a_0^2/(h^2+k^2+l^2))\sin^2\theta_{hkl} \Rightarrow$$

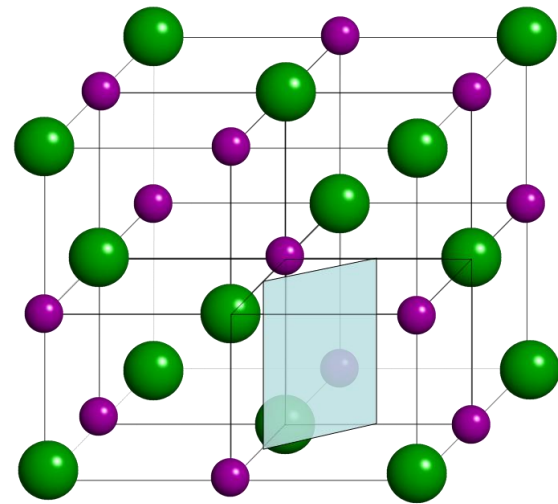
$$\lambda^2/4a_0^2 = \sin^2\theta_{hkl}/(h^2+k^2+l^2) = \sin^2\theta_{hkl}/s$$

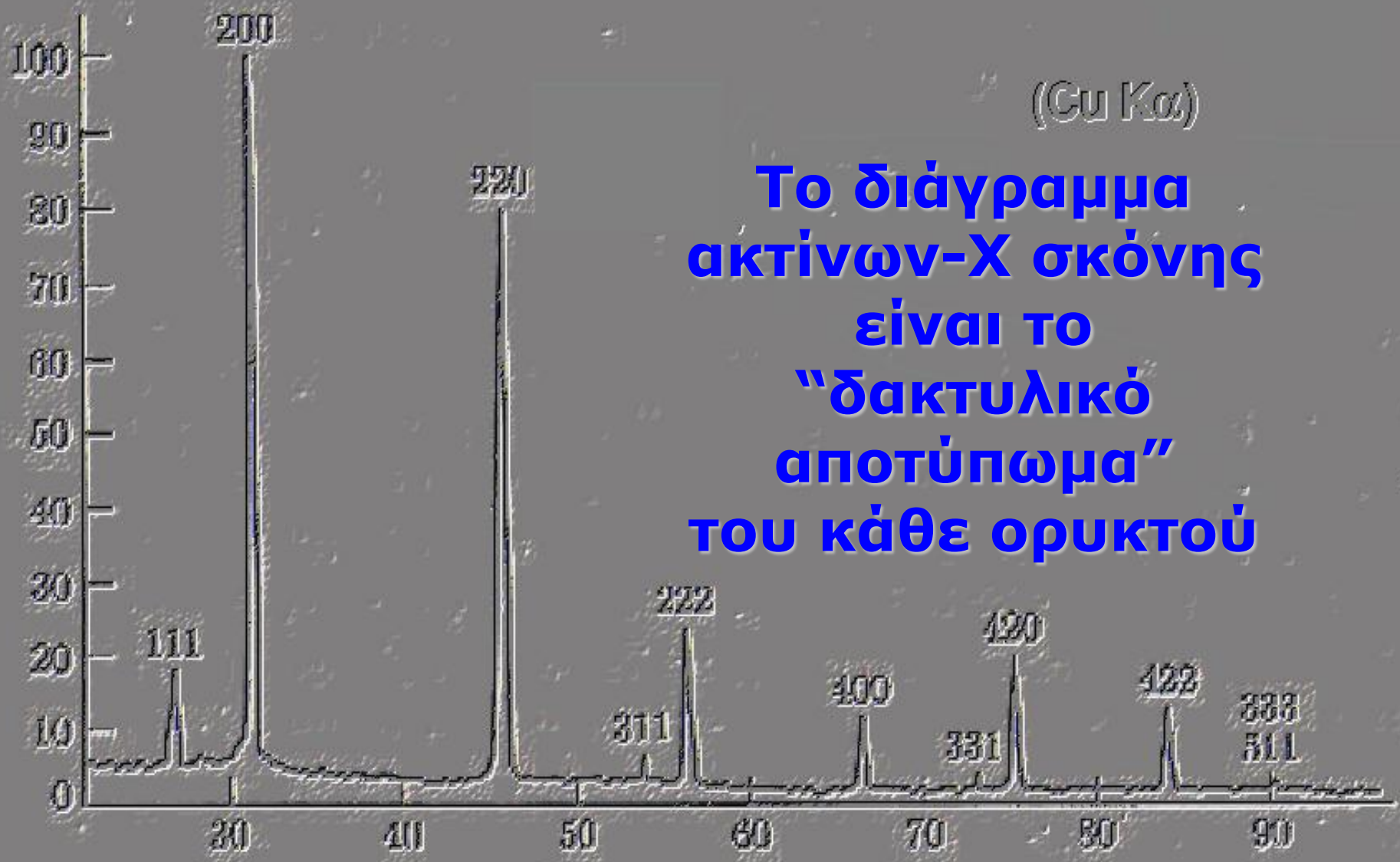
$$\lambda (\text{CuK}_\alpha) = 1.54 \text{ \AA},$$

$$a_0 (\text{NaCl}) = 5.6402 \text{ \AA}$$

$$2\theta_{220} = 45.45^\circ$$

$$d_{220} = 1.994$$





**Το διάγραμμα
ακτίνων-Χ σκόνης
είναι το
“δακτυλικό
αποτύπωμα”
του κάθε ορυκτού**

JCPDS Card

Quality of data

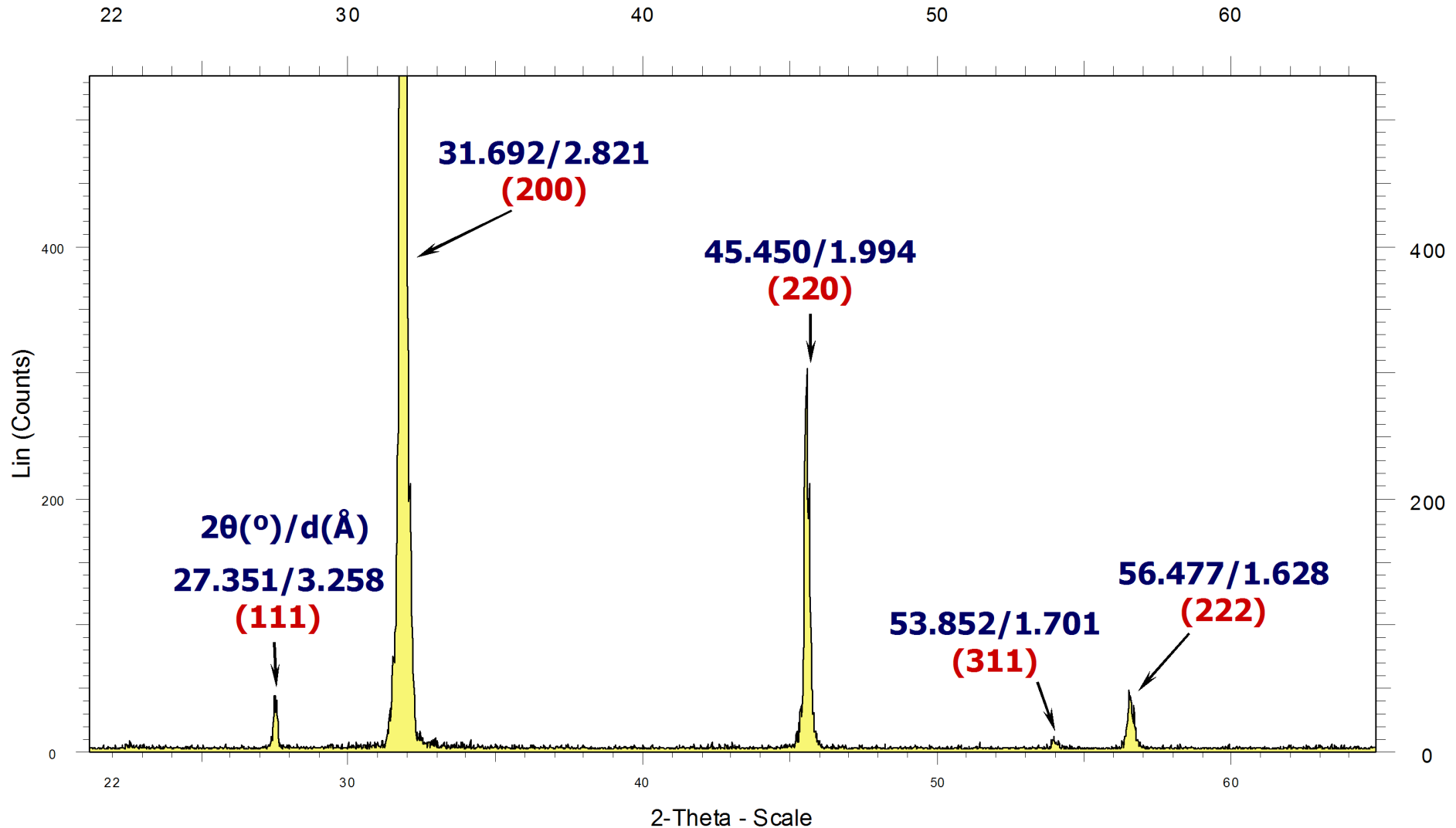
NaCl

①				②			③			④			⑤		
5-628				d	2.82	1.99	1.63	3.26	NaCl			★			
				I/I_1	100	55	15	13	Sodium Chloride			(Halite)			
⑤				Rad. $\text{CuK}\alpha_1$	λ 1.5405	Filter Ni	Dia.	d A	I/I_1	hkl	d A	I/I_1	hkl		
				Cut off	I/I_1 Diffractometer	I/I cor.		3.258	13	111					
				Ref. Swanson and Fuyat, NBS Circular 539, Vol. 2, 41 (1953)				2.821	100	200					
								1.994	55	220					
								1.701	2	311					
				Sys. Cubic	S.G. $\text{Fm}\bar{3}\text{m}$ (225)				1.628	15	222				
				a_0 5.6402	b_0	c_0	A	C	1.410	6	400				
				α	β	γ	Z 4	Dx 2.164	1.294	1	331				
				Ref. Ibid.					1.261	11	420				
				$e\alpha$	$n\omega\beta$ 1.542	$e\gamma$	Si gn		1.1515	7	422				
				2ν	D	mp	Color	Colorless	1.0855	1	511				
				Ref. Ibid.					0.9969	2	440				
				An ACS reagent grade sample recrystallized twice from hydrochloric acid.					0.9533	1	531				
				X-ray pattern at 26°C					0.9401	3	600				
				Merck Index, 8th Ed., p. 956					0.8917	4	620				
				Halite-galena-periclase group.					0.8601	1	533				
									0.8503	3	622				
									0.8141	2	444				

1. file number
2. three strongest lines
3. lowest-angle line
4. chemical formula and name
5. data on diffraction method used
6. crystallographic data
7. optical and other data
8. data on specimen
9. data on diffraction pattern.

*Joint Committee on Powder Diffraction Standards, JCPDS (1969)
Replaced by International Centre for Diffraction Data, ICDF (1978)*

NaCl



NaCl - File: NaCl.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.0

NaCl: $a_0 = 5.6402 \text{ \AA}$

$$(n)\lambda = 2 * d * \sin\theta$$

$$\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$$

$$\theta = 2\theta/2$$

$$\sin 2\theta = \sin(\theta * \pi / 180)^2$$

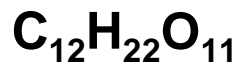
$$d = \lambda / (2 * \sin(\theta * \arccos(-1) / 180))$$

	θ	2θ	Cps	$\sin 2\theta$	I rel	d	$1 * \sin 2\theta / \sin 2\theta_{\min}$	$2 * \sin 2\theta / \sin 2\theta_{\min}$	$h^2 + k^2 + l^2$	hkl	$\alpha(\text{\AA})$
1	13.676	27.351	50	0.0559	4	3.258	1.487	2.974	2	110	4.6076
2	15.846	31.692	1280	0.075	100	2.821	1.984	3.967	4	200	5.6420
3	22.725	45.450	420	0.149	33	1.994	3.970	7.941	8	220	5.6397
4	26.926	53.852	10	0.205	1	1.701	5.456	10.911	11	311	5.6416
5	28.239	56.477	40	0.224	3	1.628	5.956	11.912	12	222	5.6396

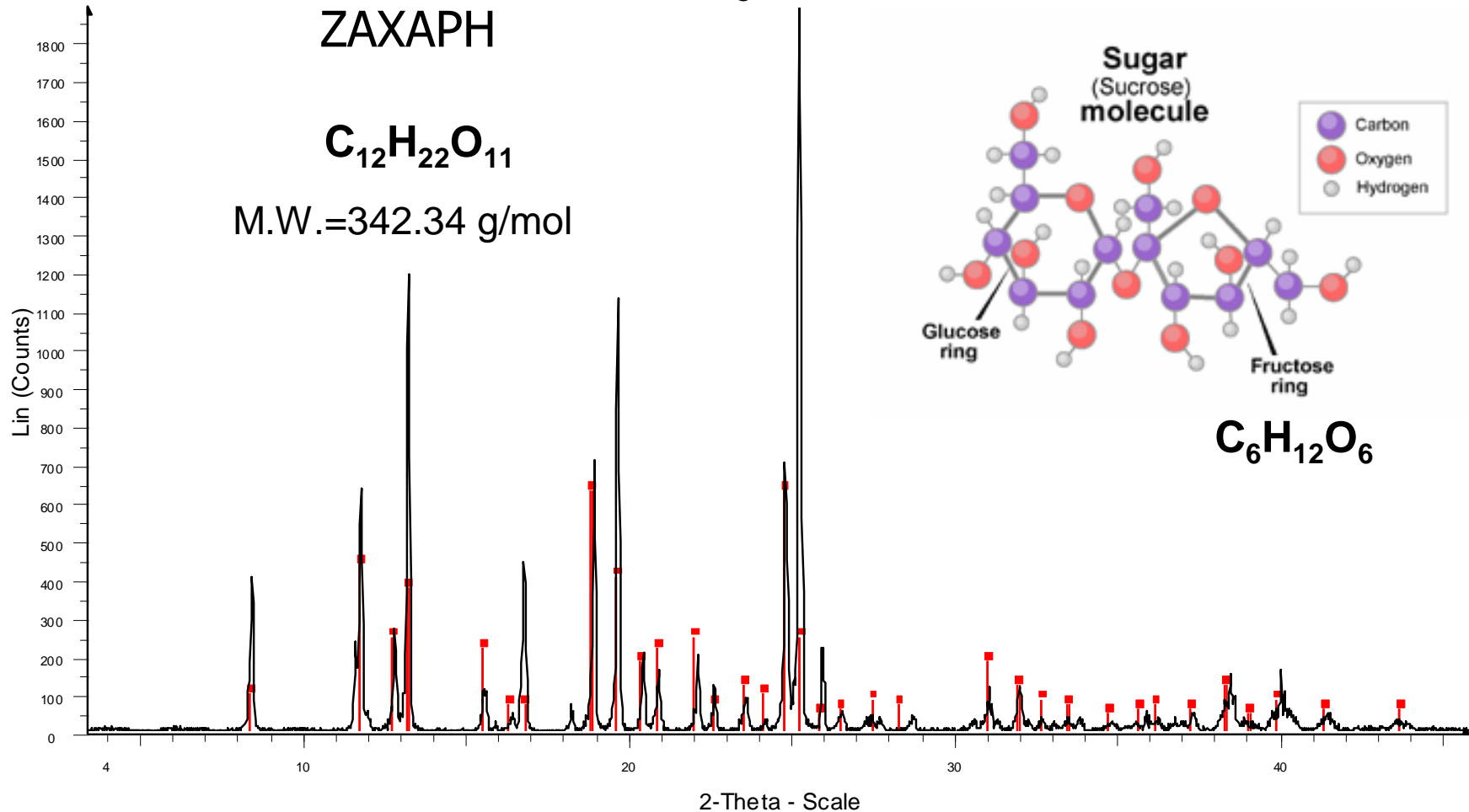
$$\text{NaCl: } a_0 = 5.6402 \text{ \AA}$$

Sugar

ZAXAPH



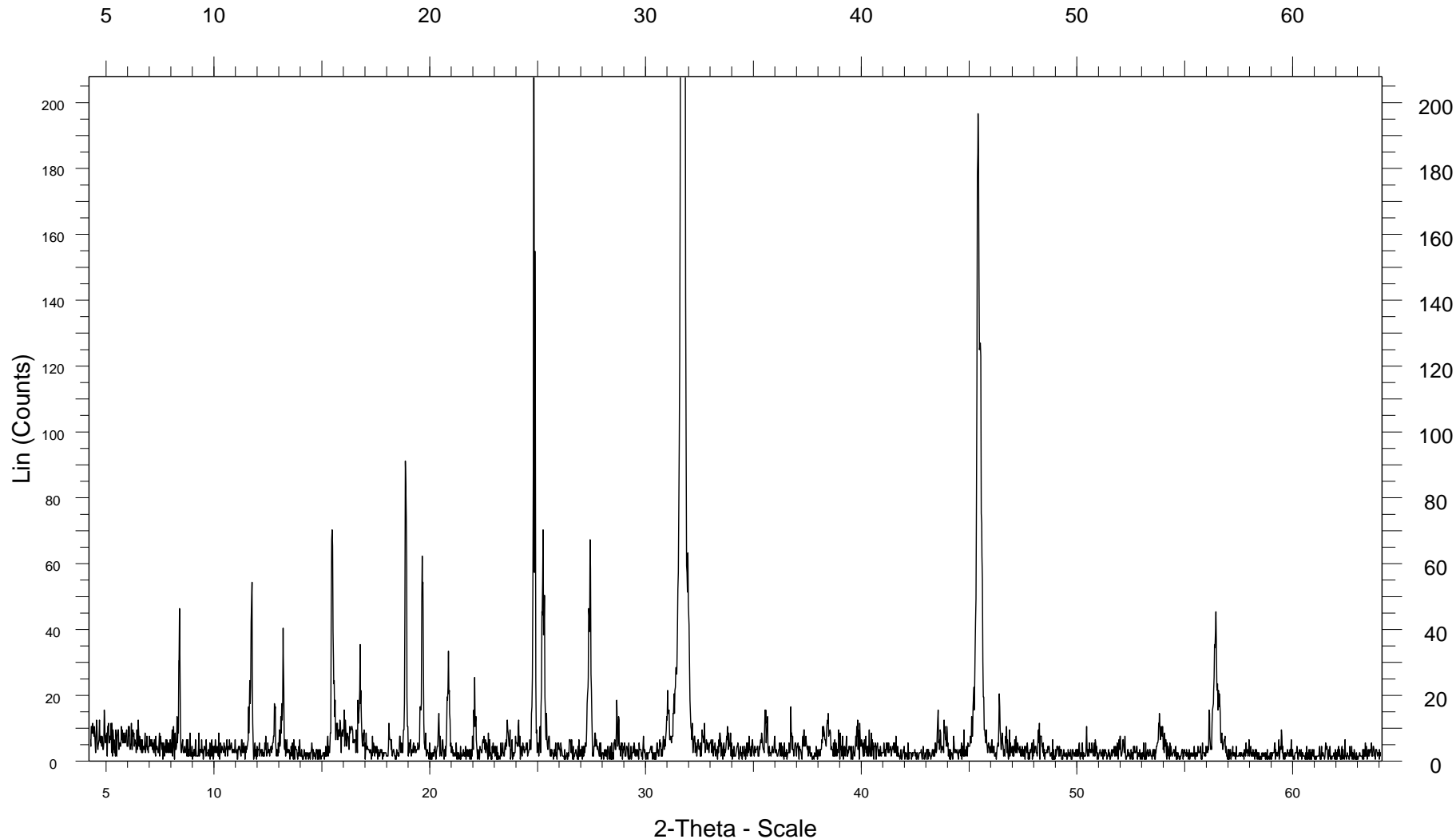
M.W.=342.34 g/mol



W Sugar - File: Sugar.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End 65.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C(Room) - Time Started: 15 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.0

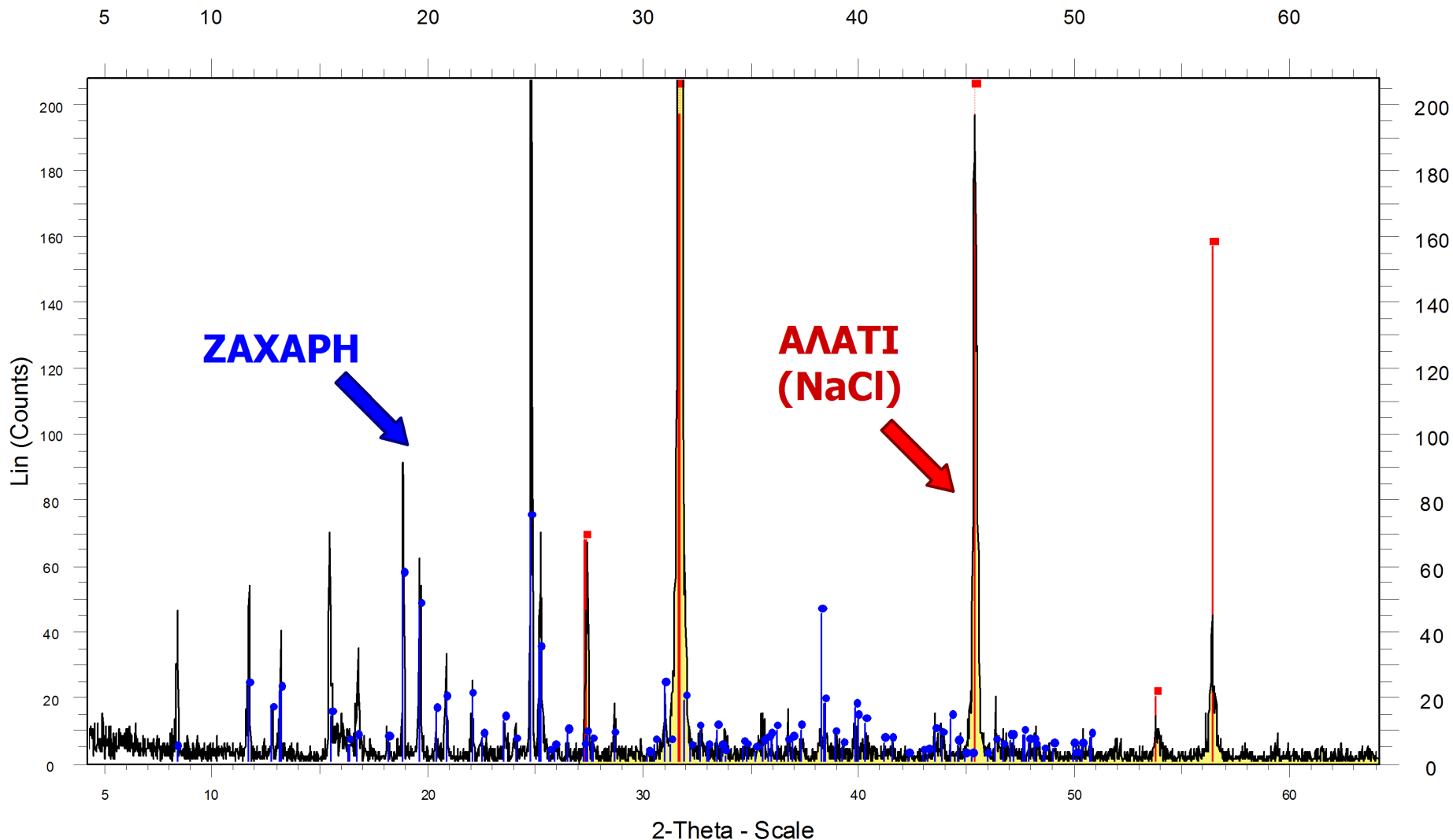
00-006-0142 (D) - Sucrose - C12H22O11 - Y: 33.38 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 -

NaCl: 50% + Sugar: 50%



NaCl+Sugar - File: NaCl+Sugar.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.

NaCl: 50% + Sugar: 50%

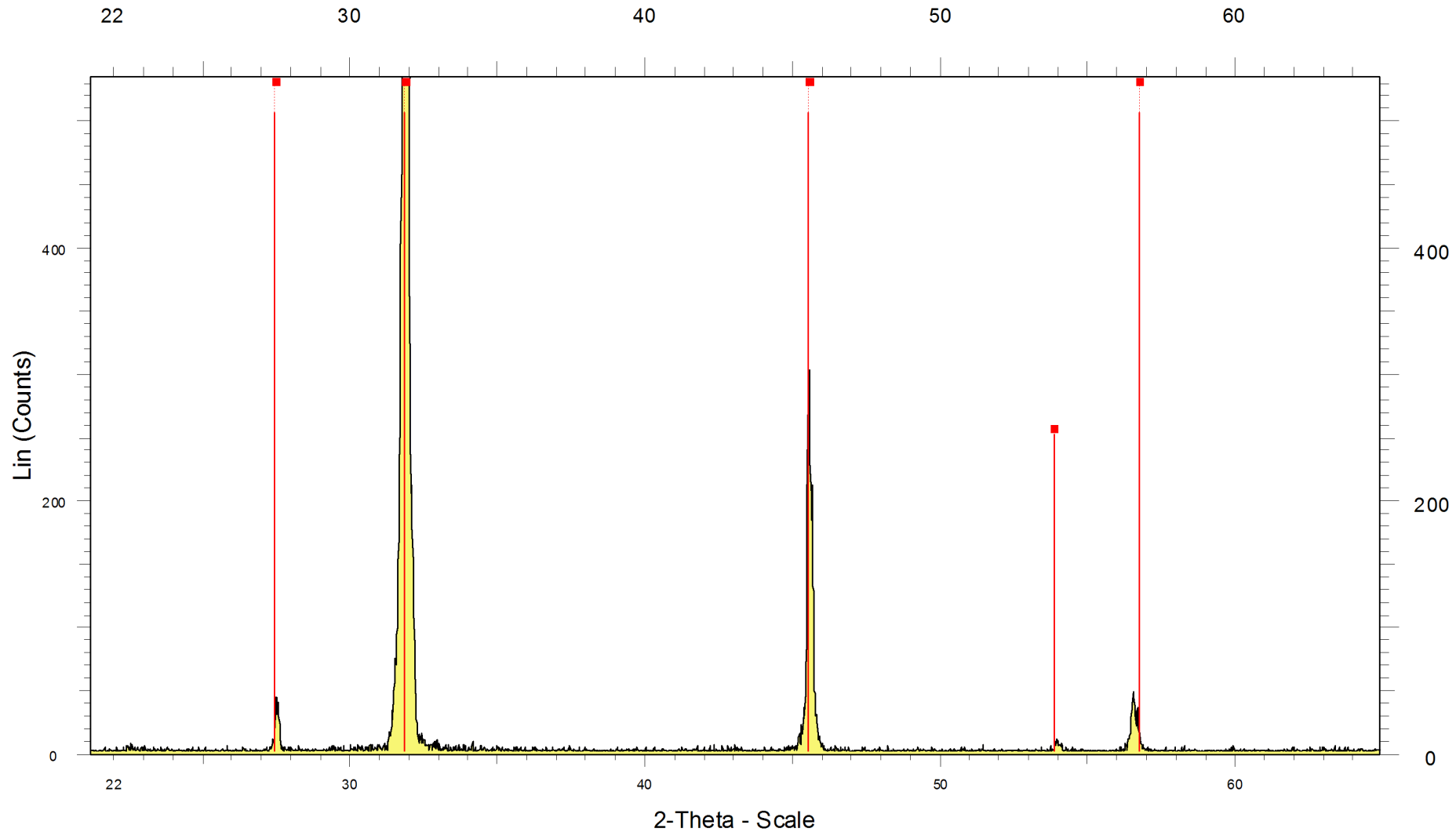


NaCl+Sugar - File: NaCl+Sugar.raw - Type: 2Th/Th locked - Start 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.

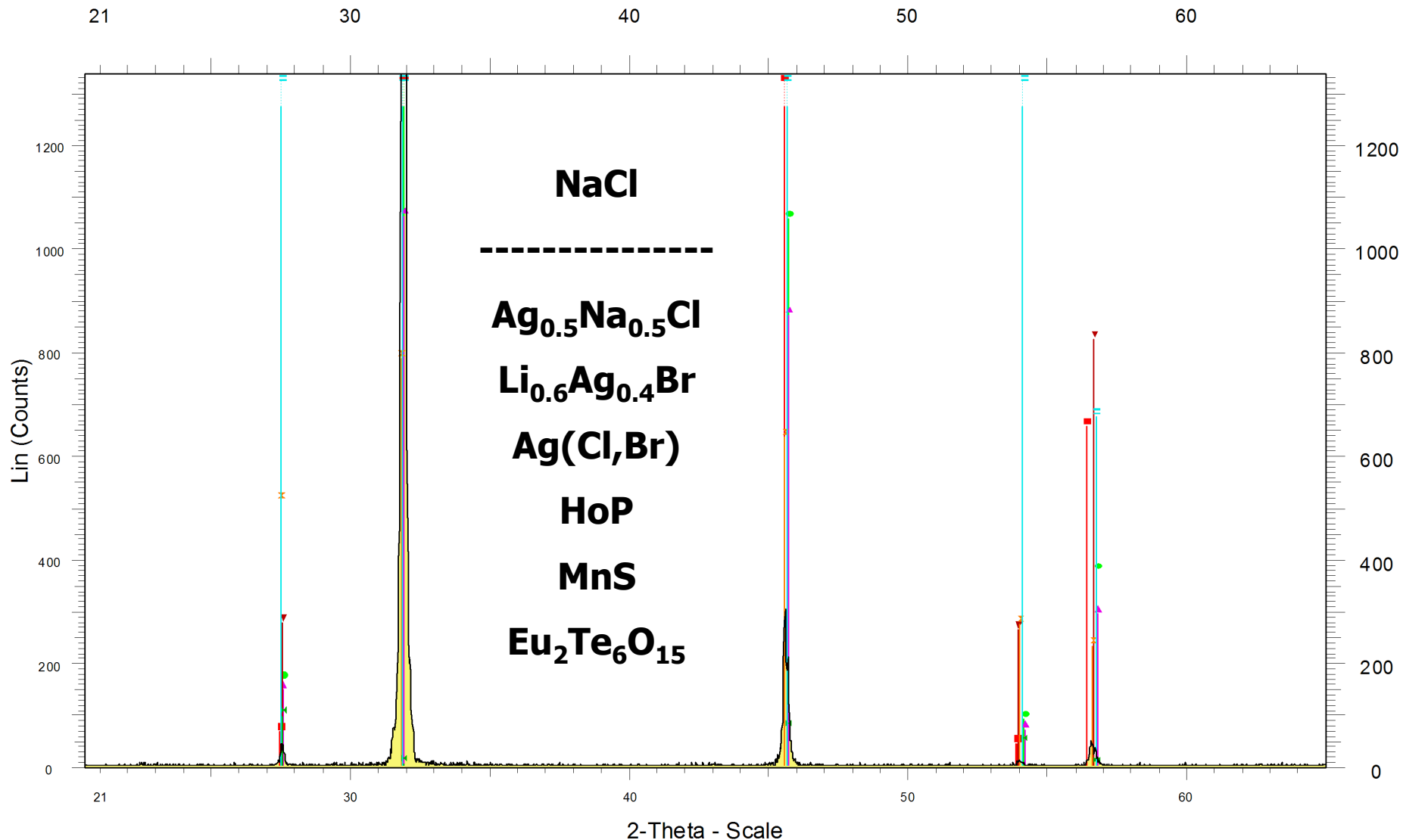
00-005-0628 (*) - Halite, syn - NaCl - Y: 30.57 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic PDF 4.4 - S-Q 56.5 % -

00-024-1977 (*) - Sucrose - C12H22O11 - Y: 3.74 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic PDF 0.7 - S-Q 43.5 % -

NaCl



NaCl - File: NaCl.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.0
00-002-0818 (D) - Halite - NaCl - Y: 36.38 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - 0 - I/Ic PDF 1. - S-Q 100.0 % -



NaCl - File: NaCl.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.0

00-022-0898 (*) - Silver Sodium Chloride - Ag_{0.5}Na_{0.5}Cl - Y: 18.17 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Cubic - I/Ic PDF 3.3 - S-Q 4.0 % -

00-026-0856 (C) - Lithium Silver Bromide - Li_{0.6}Ag_{0.4}Br - Y: 14.21 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Cubic - I/Ic PDF 1. - S-Q 10.4 % -

00-014-0255 (N) - Chlorargyrite, bromian - Ag(Cl,Br) - Y: 21.21 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Cubic - I/Ic PDF 1. - S-Q 15.6 % -

00-001-0994 (D) - Halite - NaCl - Y: 43.10 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Cubic - I/Ic PDF 1. - S-Q 31.7 % -

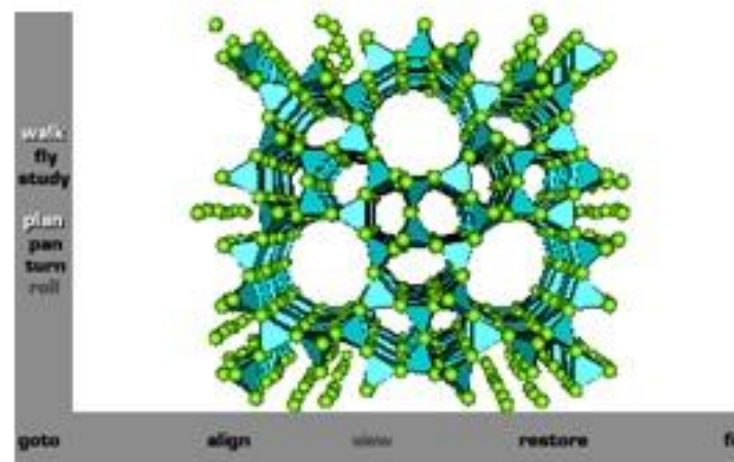
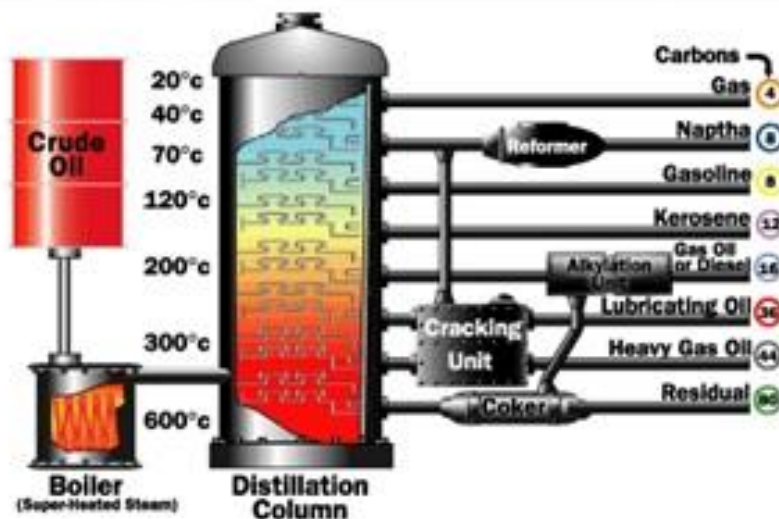
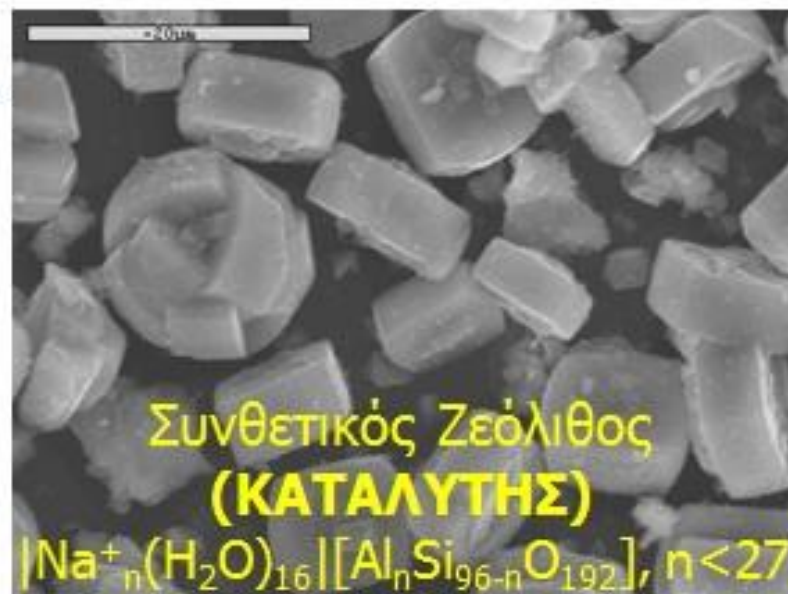
00-030-0616 (C) - Holmium Phosphide - HoP - Y: 10.54 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Cubic - I/Ic PDF 19.6 - S-Q 0.4 % -

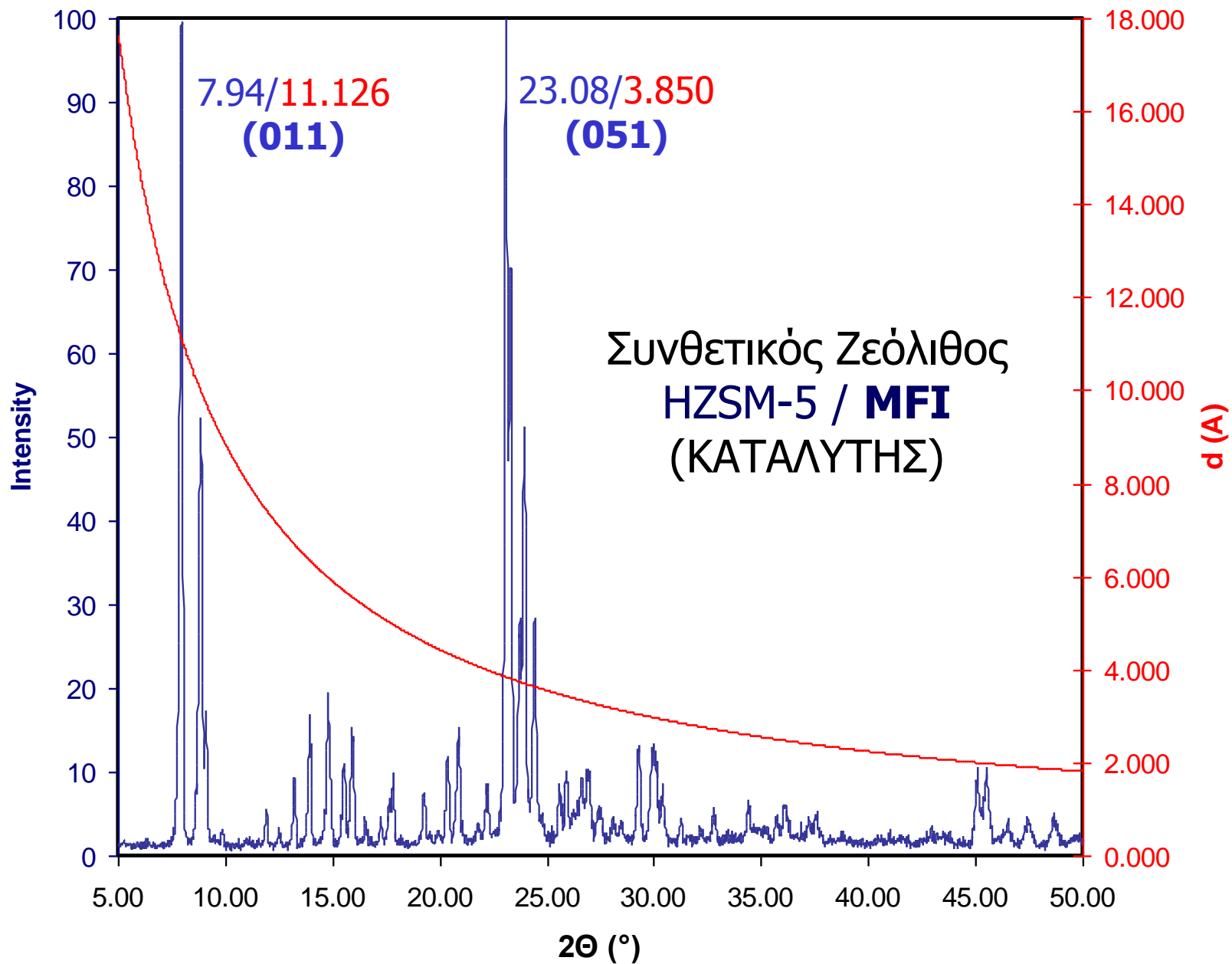
00-040-1288 (*) - Manganese Sulfide - MnS - Y: 1.29 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Cubic - I/Ic PDF 1. - S-Q 0.9 % -

00-037-1399 (I) - Europium Tellurate - Eu₂Te₆O₁₅ - Y: 50.14 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Cubic - I/Ic PDF 1. - S-Q 36.9 % -

ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Παραγωγή κλασμάτων υδρογονανθράκων με κοντύτερες ανθρακικές αλυσίδες (π.χ. C8)

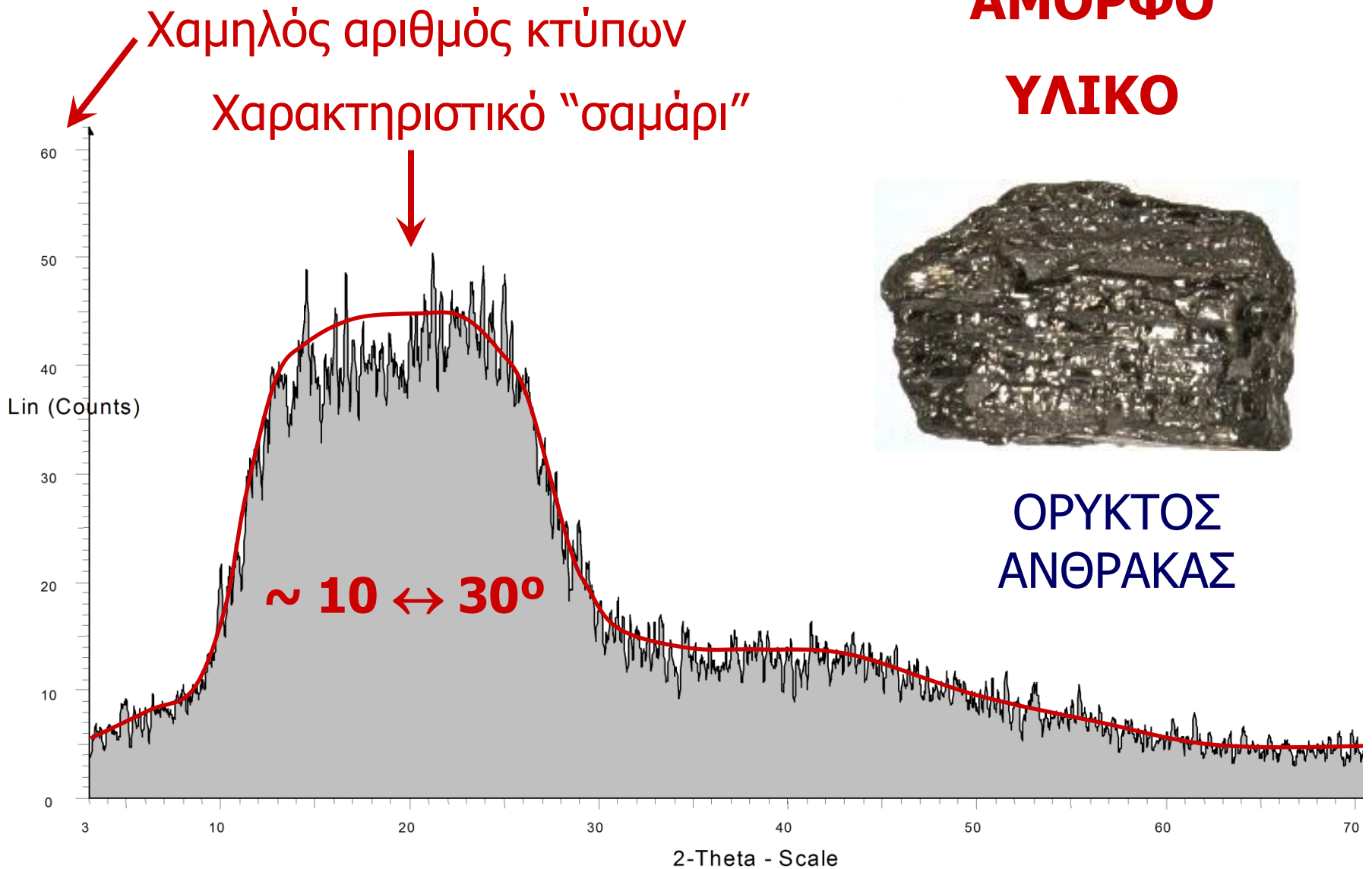




ΑΜΟΡΦΟ ΥΛΙΚΟ



ΟΡΥΚΤΟΣ
ΑΝΘΡΑΚΑΣ

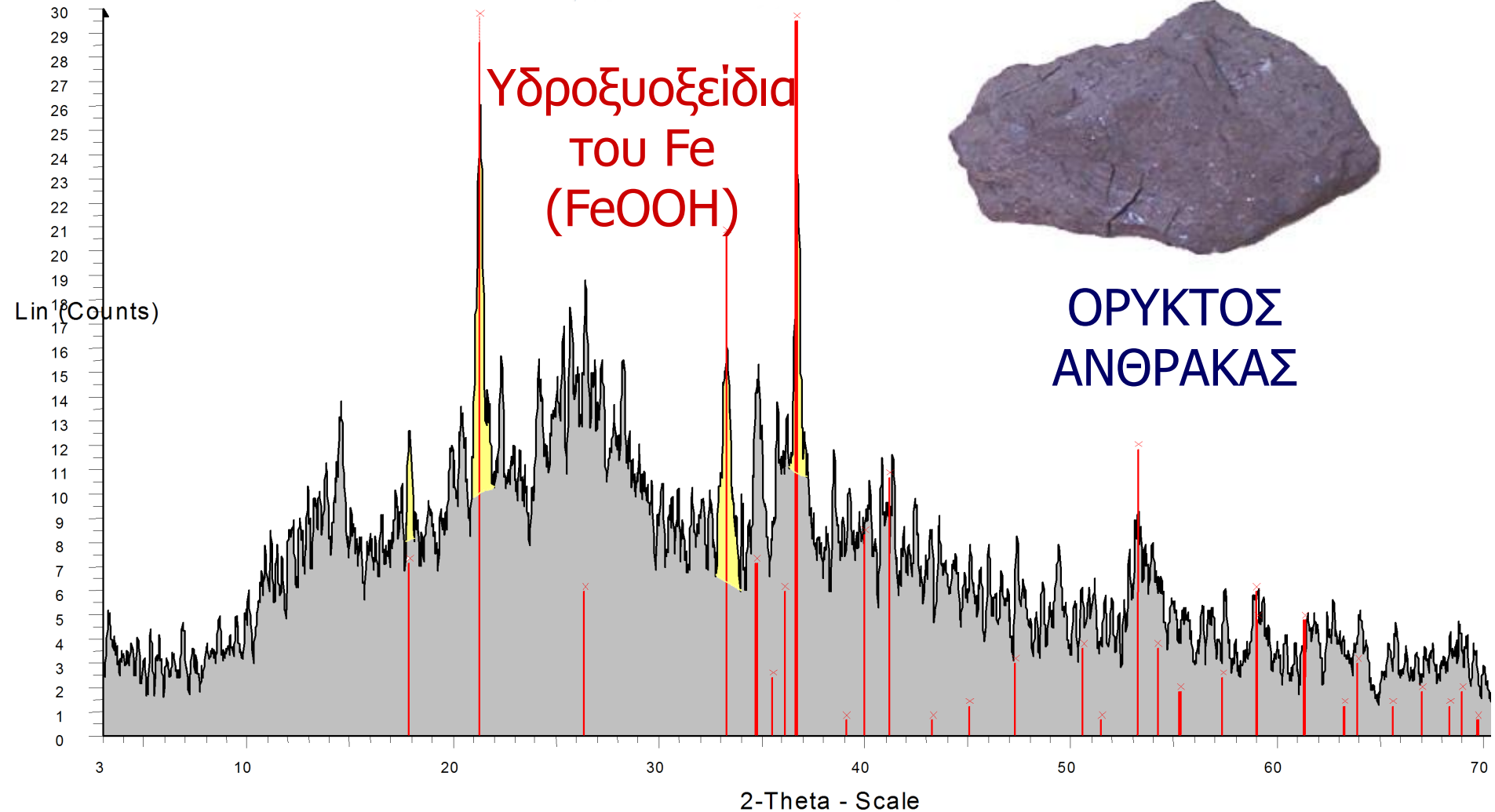


ΑΜΟΡΦΟ ΥΛΙΚΟ ΜΕ ΠΡΟΣΜΕΙΞΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ



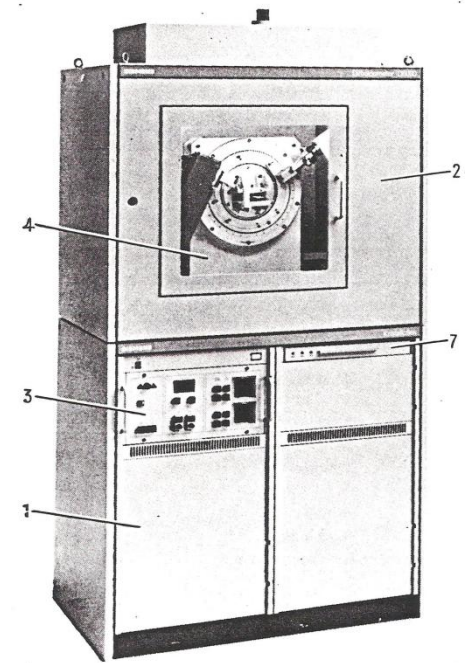
ΟΡΥΚΤΟΣ
ΑΝΘΡΑΚΑΣ

Υδροξυοξείδια
του Fe
(FeOOH)

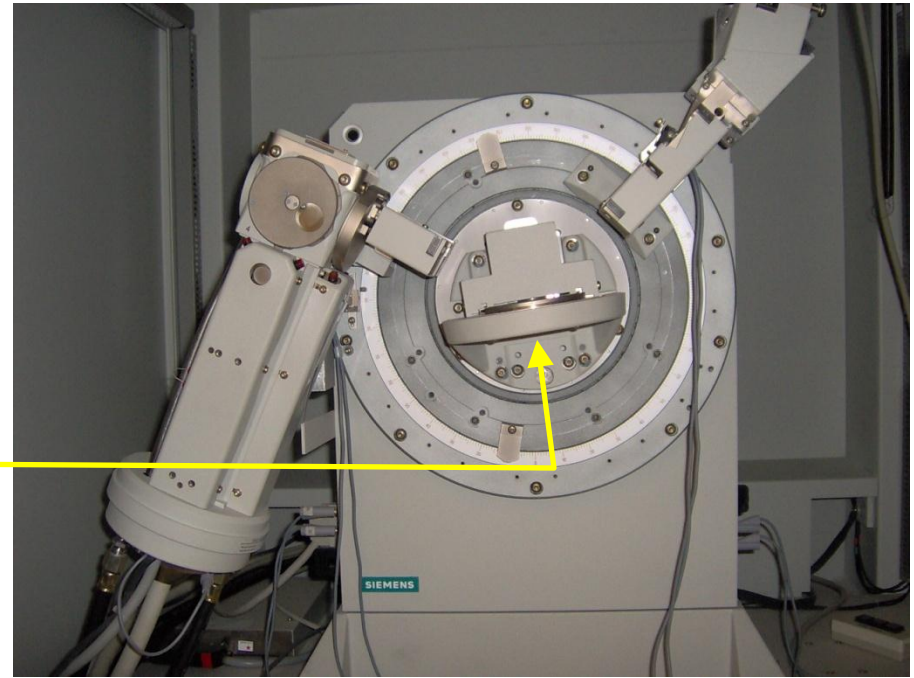
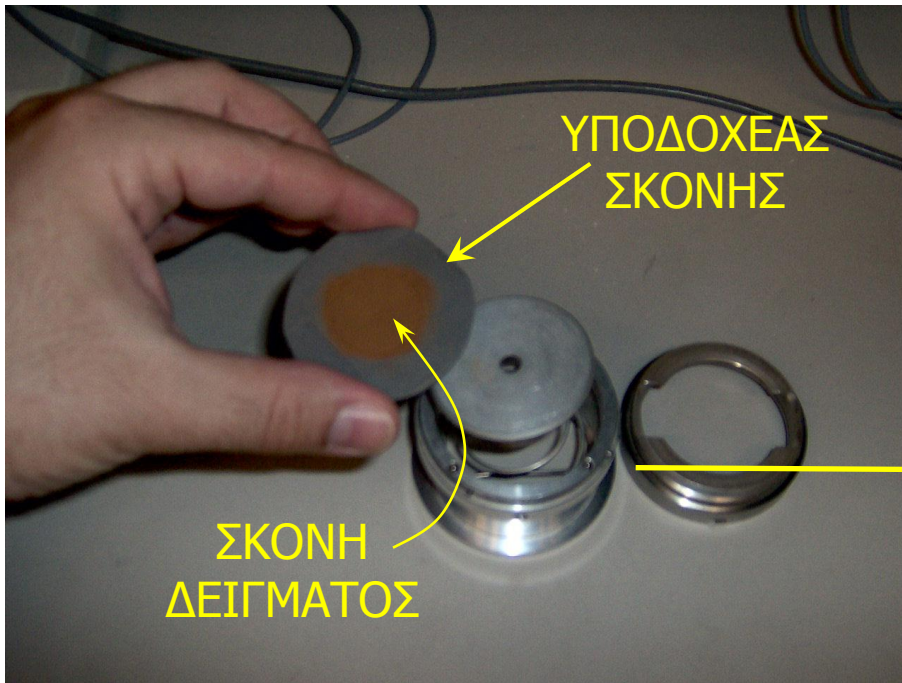


ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ

Περιθλασίμετρο Ακτίνων-Χ Σκόνης

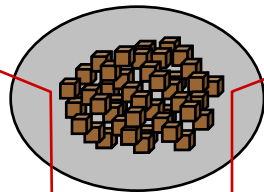


- | | | | |
|---|--|---|---|
| 1 | Standgehäuse
Console
Console | 2 | Strahlenschutzgehäuse
Radiation protection
Boîtier de protection des radiations |
| 3 | Röntgeneratore KRISTALLOFLEX®
KRISTALLOFLEX® X-ray generator
Générateur de rayons X KRISTALLOFLEX® | | |
| 4 | Goniometer
Goniometer
Goniomètre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



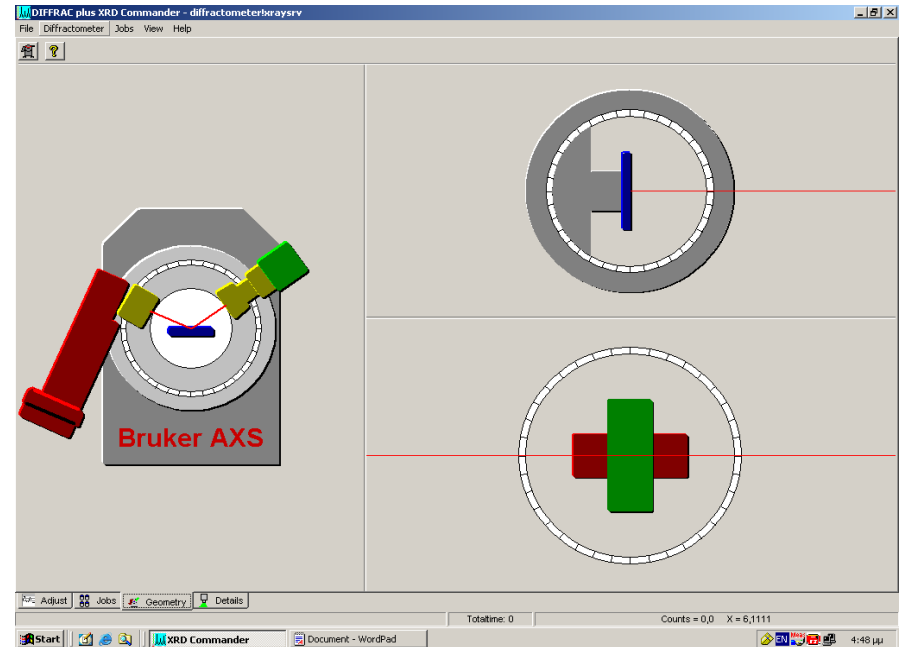
ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΟΚΚΩΝ ΣΚΟΝΗΣ

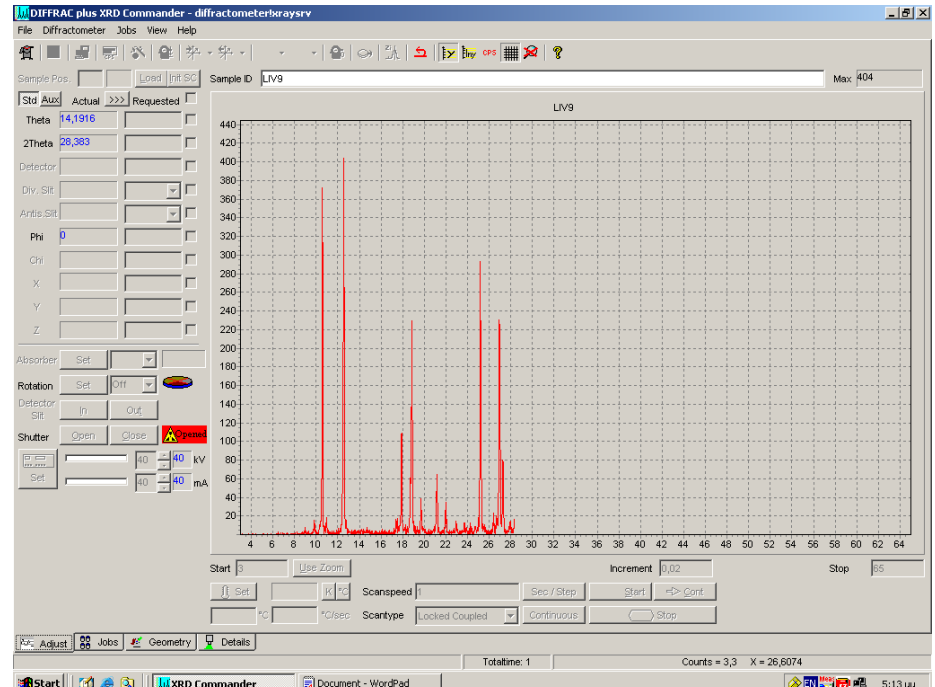
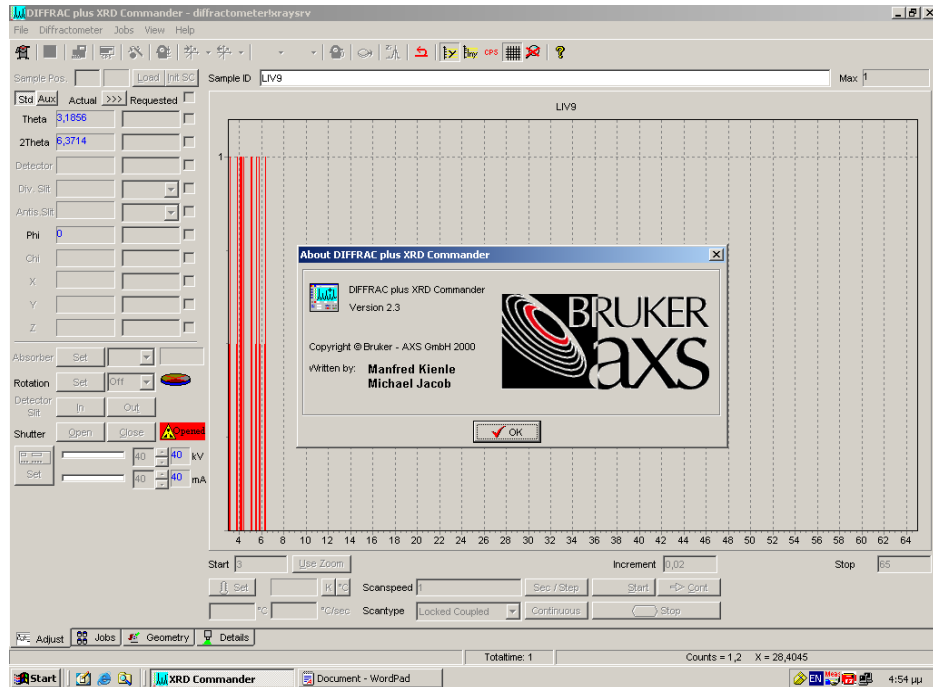
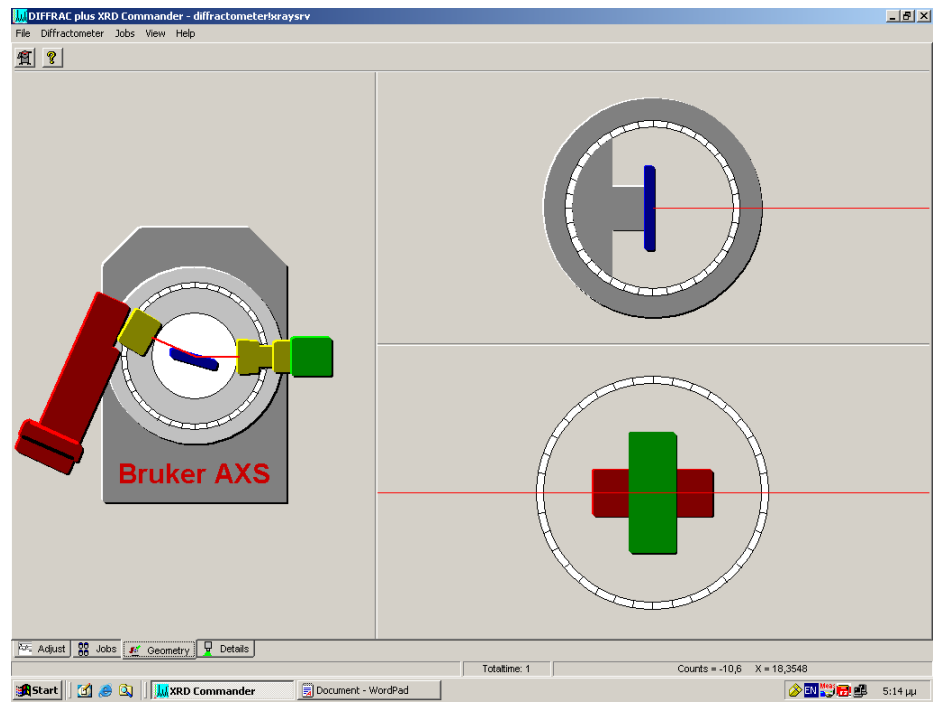
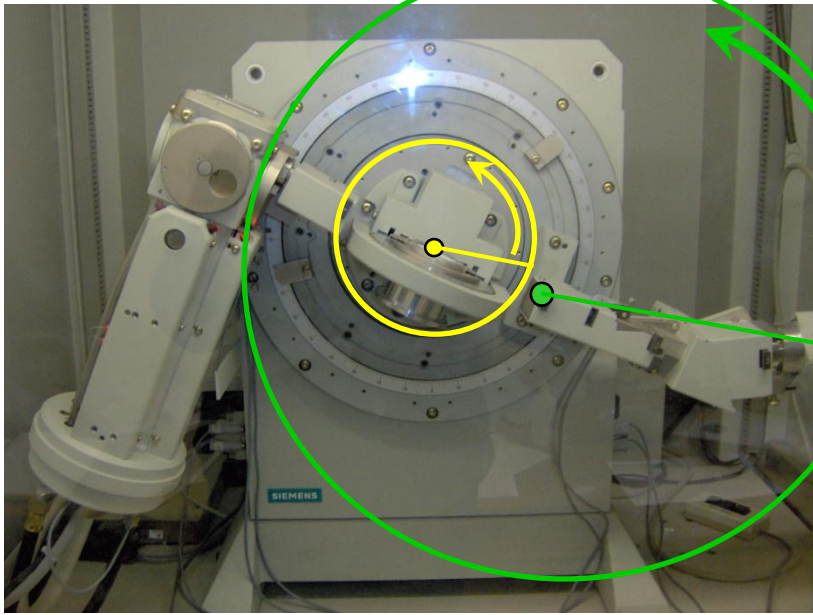
0.1 μm (100 nm) – 40 μm



ΔΙΕΥΡΥΝΣΗ
ΚΟΡΥΦΩΝ

ΜΕΙΩΜΕΝΗ
ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ







Sample Pos. Load Infr SC Sample ID LIV9 Max 436

Std	Aux	Actual	>>>	Requested	<input type="checkbox"/>
Theta		32,505			<input type="checkbox"/>
2Theta		65,01			<input type="checkbox"/>
Detector					<input type="checkbox"/>
Div. Slit					<input type="checkbox"/>
Antis. Slit					<input type="checkbox"/>
Phi		0			<input type="checkbox"/>
Chi					<input type="checkbox"/>
X					<input type="checkbox"/>
Y					<input type="checkbox"/>
Z					<input type="checkbox"/>

Absorber Set

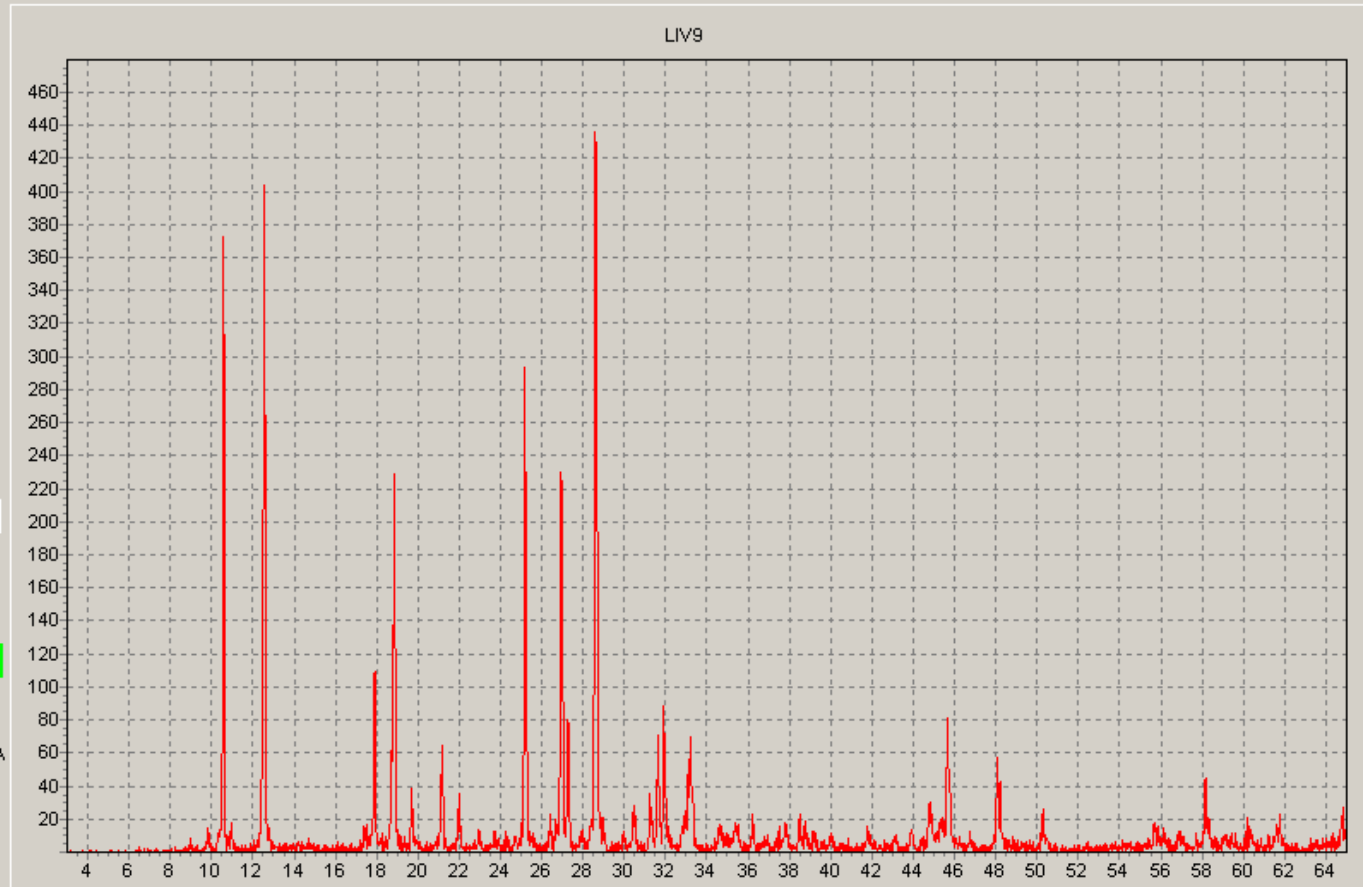
Rotation Set Off

Detector Slit In Out

Shutter Open Close

Set 40 20 kV

Set 40 5 mA



Start 3 Use Zoom Increment 0,02 Stop 65

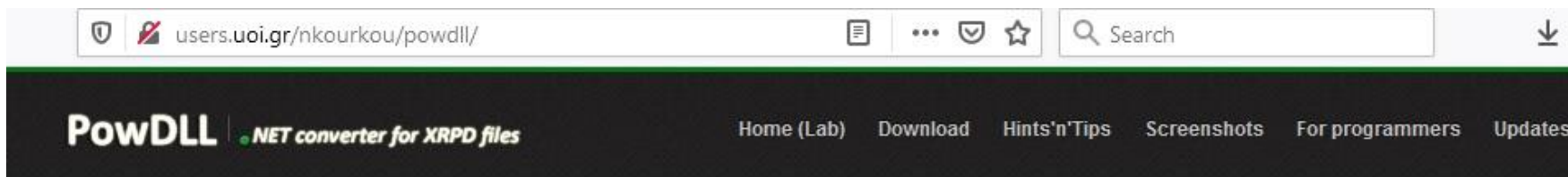
Set K °C Scanspeed 1 Sec / Step

°C °C/sec Scantype Locked Coupled Continuous Stop

Adjust Jobs Geometry Details

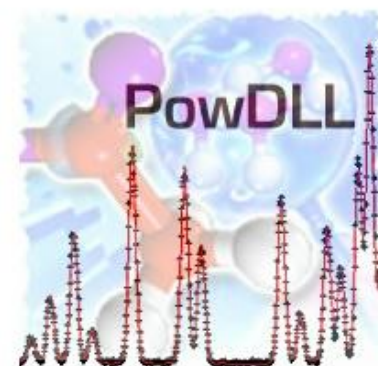
Totalltime: 1 Counts = 496,2 X = 50,4752

PowDLL



PowDLL is a .NET dynamic link library used for the interconversion procedure between variable formats of Powder X-Ray files. The DLL is capable of handling the most common file formats (binary and ASCII). The library can be used as a reusable component with any .NET language or as a **standalone utility**.

PowDLL can run on windows OS as long as they have dotnet runtimes version 2 (or later) installed (i.e., Windows Vista SP1 or later). Linux is also supported through Wine.



Imports

Bruker/Siemens RAW (versions 1,2,4), Bruker BRML, STOE RAW (plus multi-range files), Scintag RAW (plus multi-range files), Rigaku RAW, Shimadzu RAW, Philips RD, Philips SD, Scintag RD, Panalytical XRDML, INEL Binary,

Exports

Bruker/Siemens RAW (versions 1,2), Philips RD, Scintag ARD, Sietronics CPI, Riet7 DAT, DBWS, GSAS (CW STD), Jade MDI, Rigaku RIG, Philips UDF, UXD, XDA, XDD, Panalytical XRDML, ASCII XY Files, MS-Excel Multiple XY,

Citation

Please cite if you find PowDLL useful:

PowDLL, a reusable .NET component for interconverting powder diffraction data: Recent developments, N. Kourkoumelis, ICDD Annual Spring

QUALX2

www.ba.ic.cnr.it/softwareic/qualx/

Search



IC CNR

Qualx2

a qualitative phase analysis software

QualX2 download

You are required to login to view this page.

[Register now for free](#) for academic and non-profit research institutions.

To commercial users it requires the payment of a license fee. [Contact us](#) in this case

Already have an account? [Sign In »](#).



EXPO&more Workshop

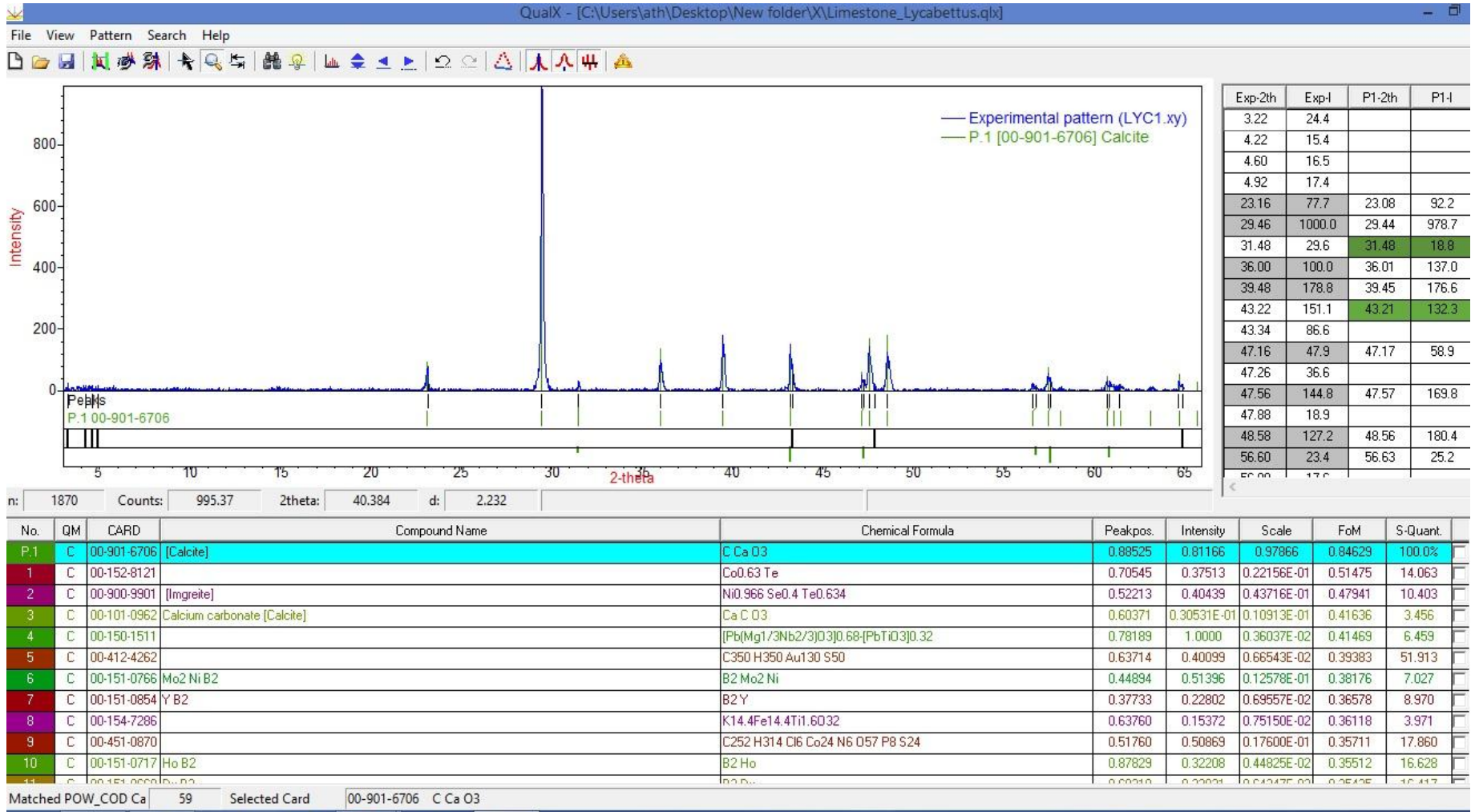
30 September – 3 October 2019

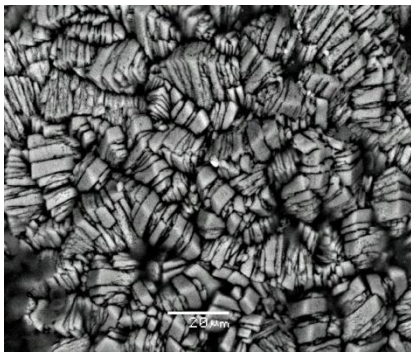
HELP US TO IMPROVE QUALX

QualX User Experience Survey

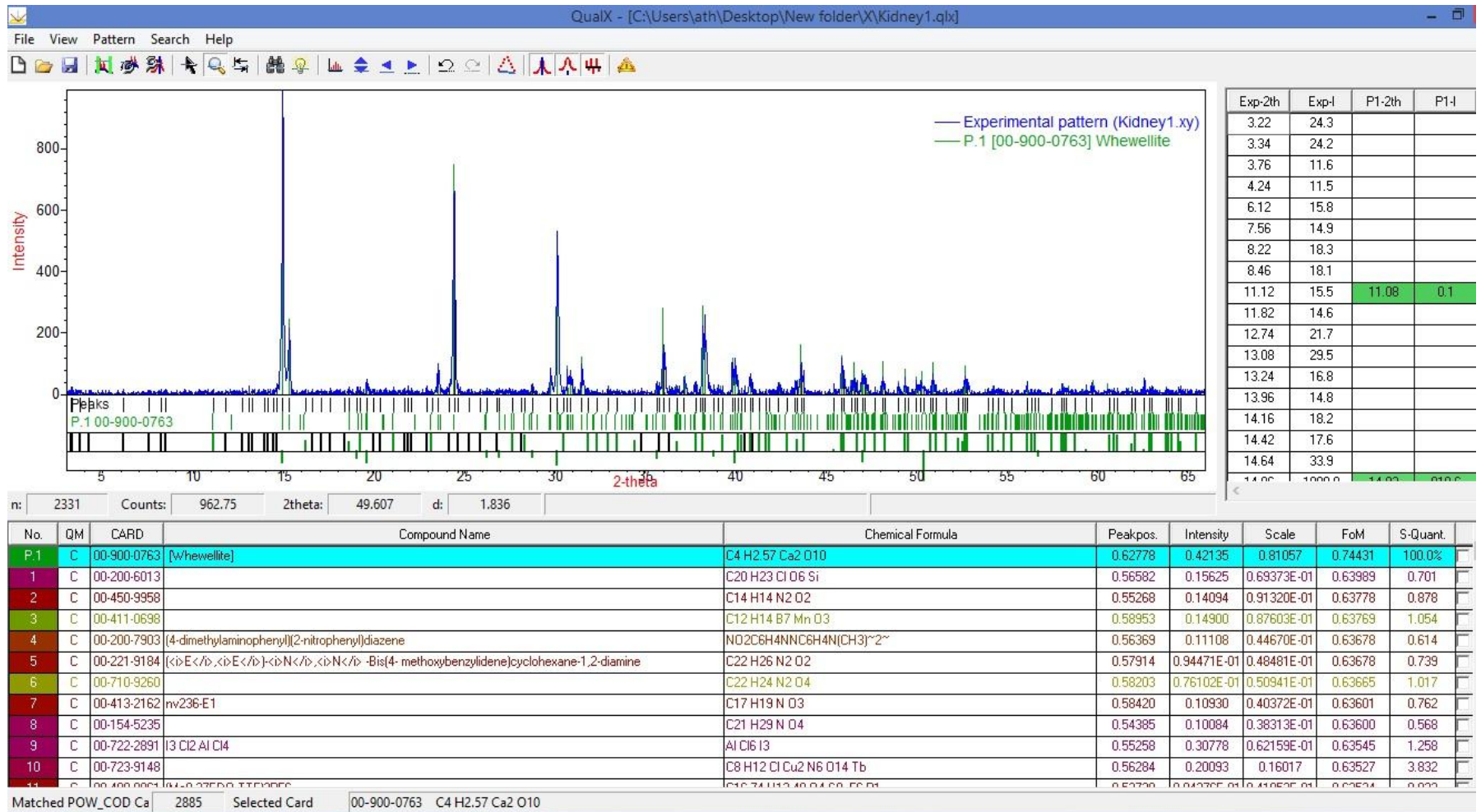


ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ ΛΥΚΑΒΗΤΤΟΥ



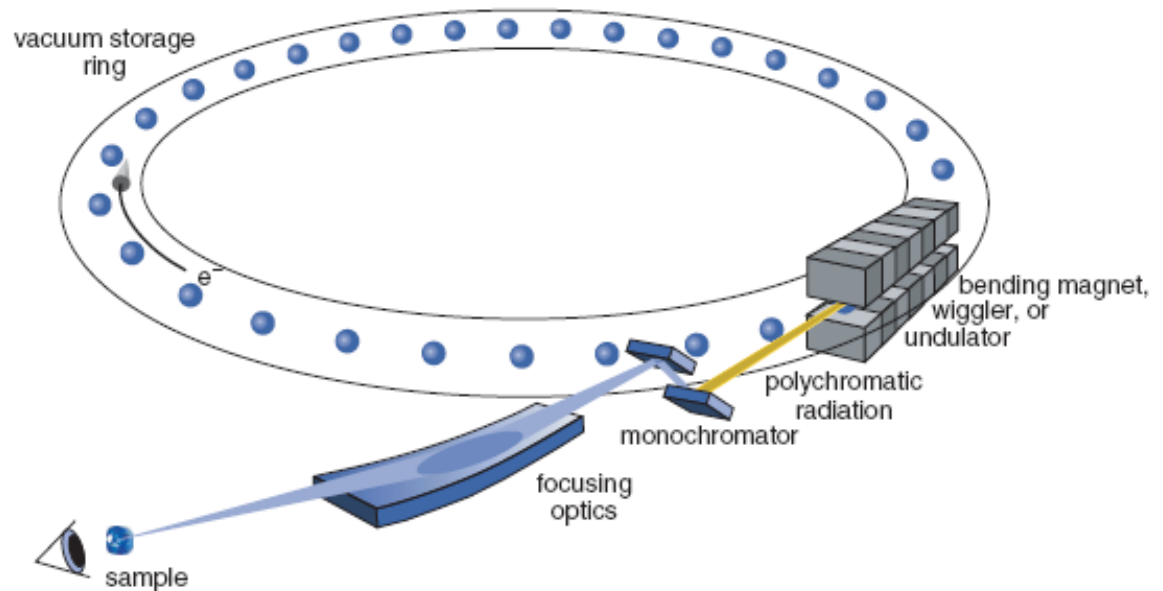


ΠΕΤΡΑ ΝΕΦΡΟΥ

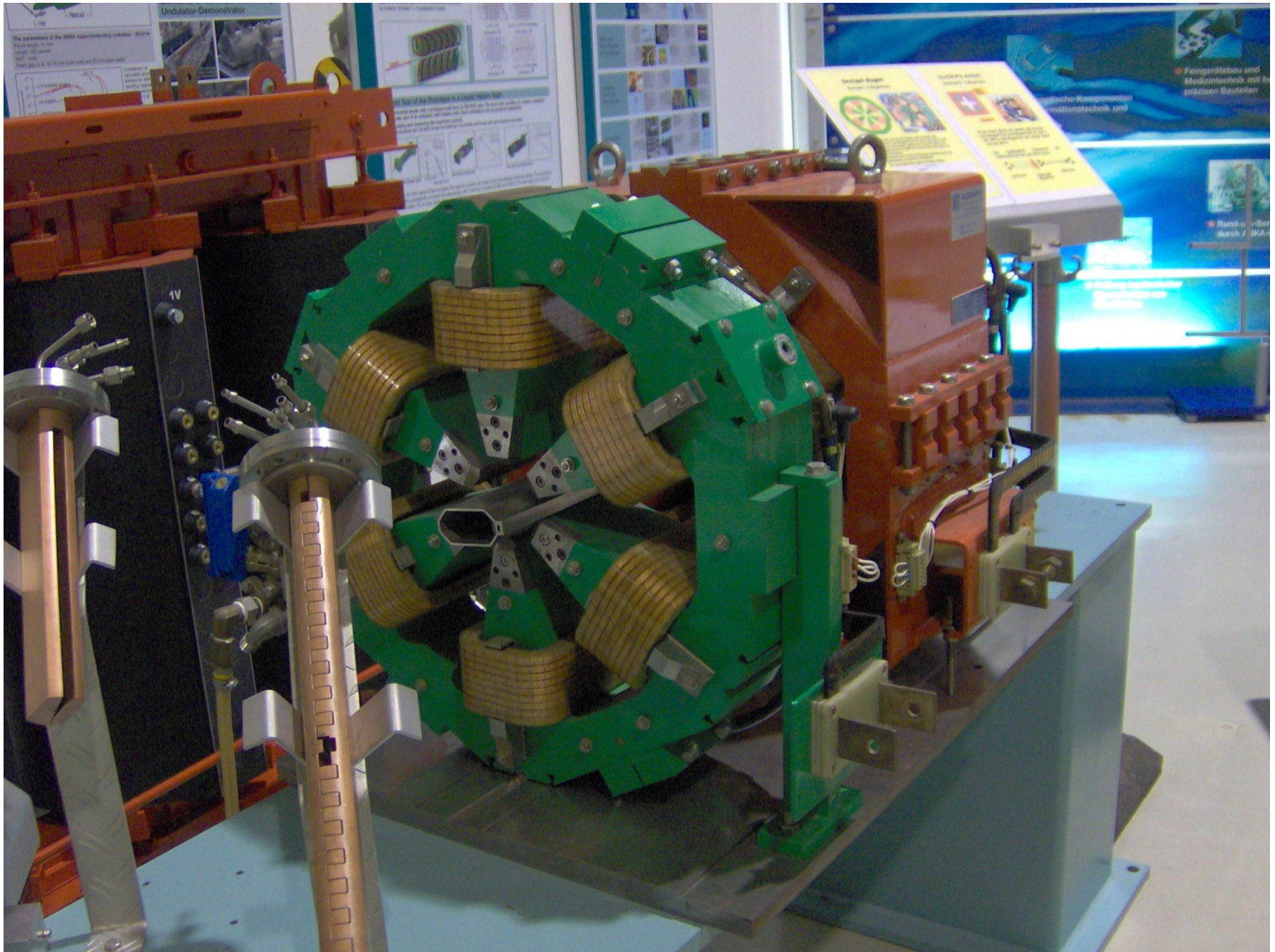


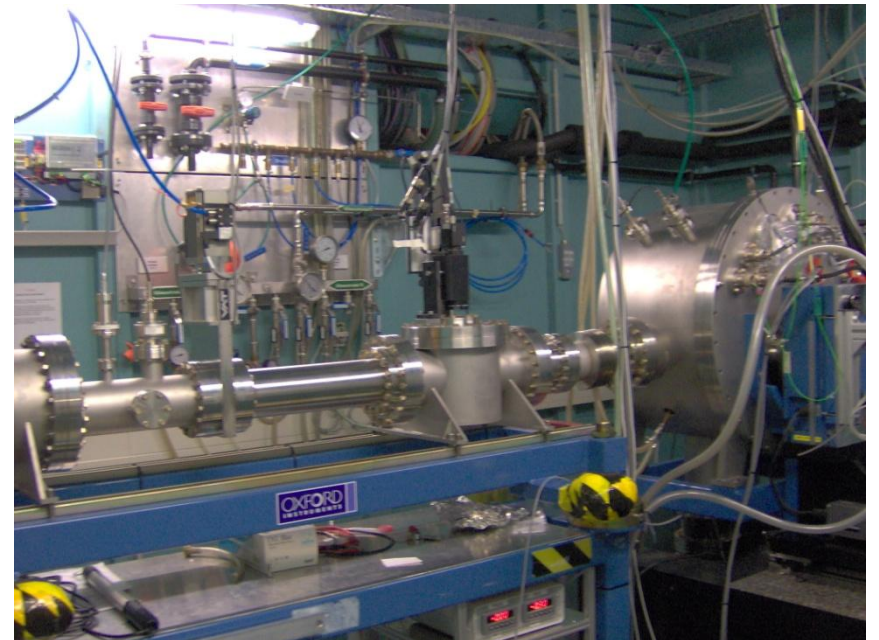
ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΥΝΧΡΟΤΡΟΝ (SR-XRD)

Ακτινοβολία που παράγεται από ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται σε κλειστές τροχιές και με ταχύτητες που πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός ($0.985c$)

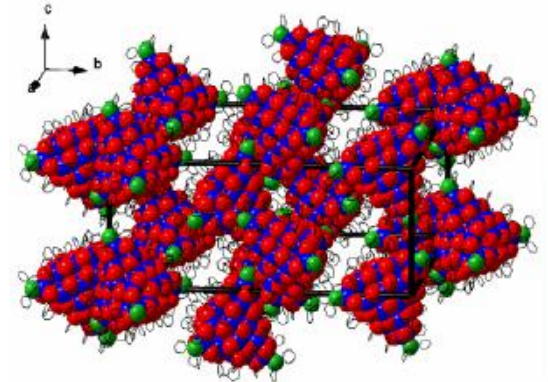
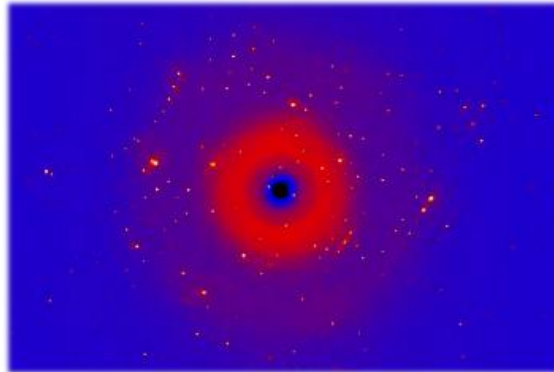
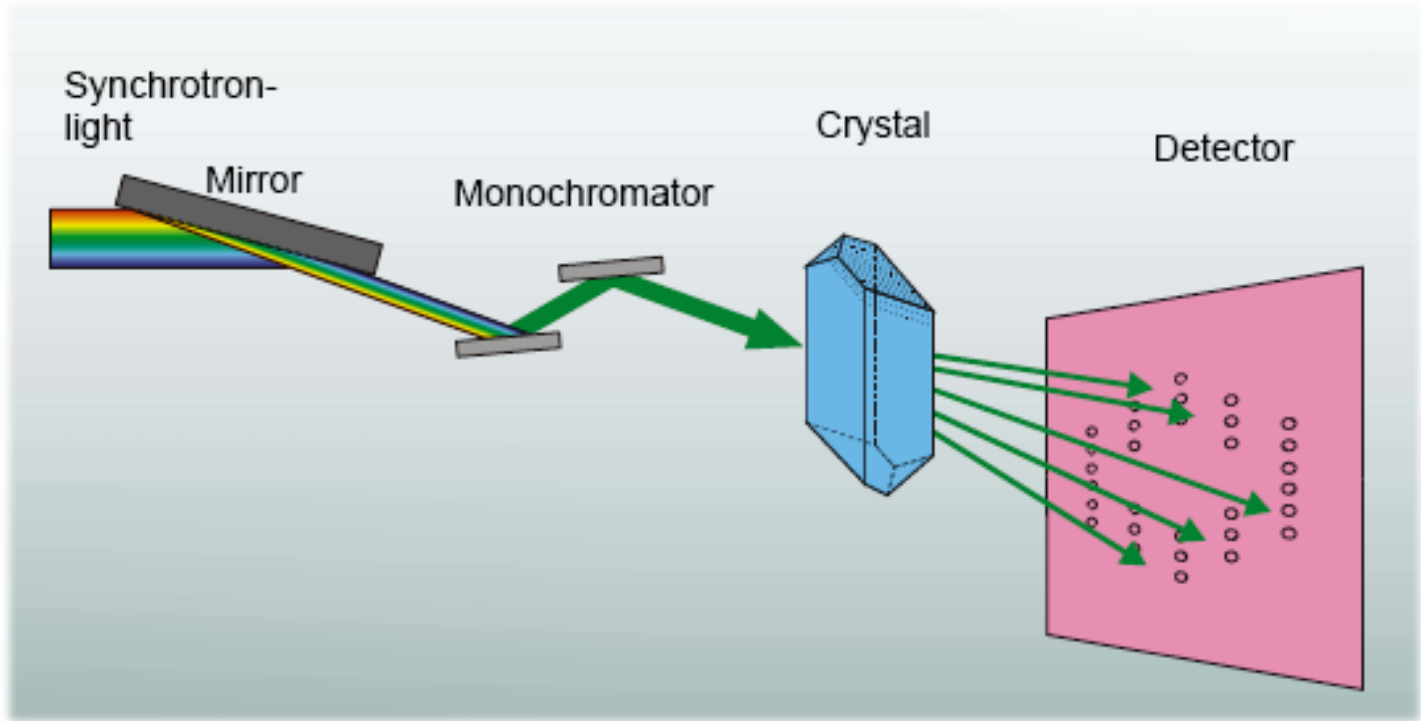




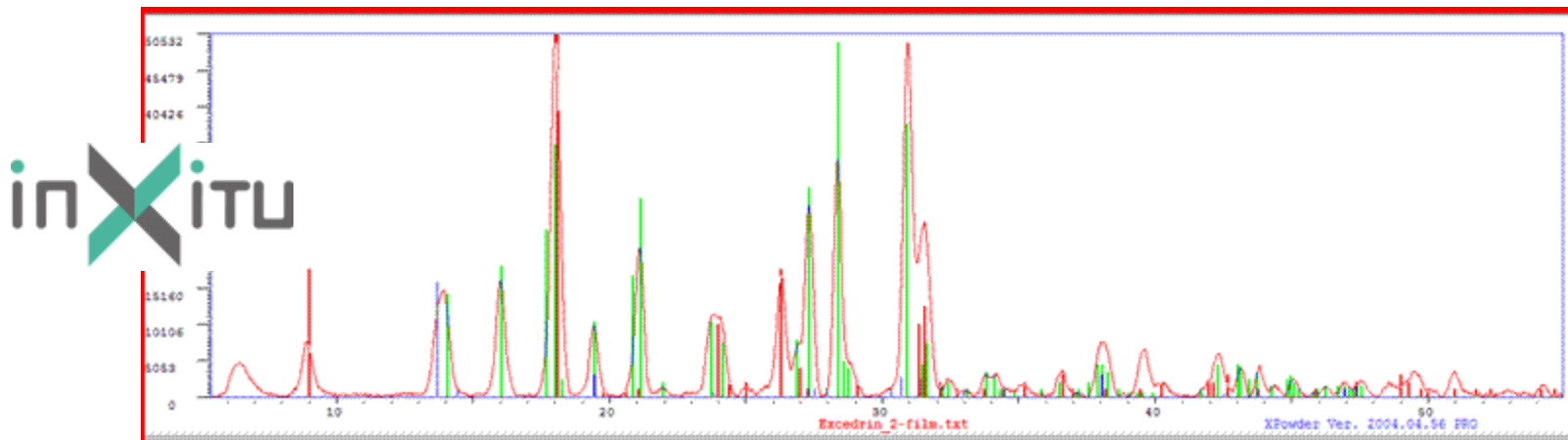




**KIT-ANKA
PDIFF**



ΦΟΡΗΤΟ ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΟ ΑΚΤΙΝΩΝ-X (XRD)



INSTRUMENTATION FOR GEOLOGICAL FIELD WORK ON THE MOON

D. L. TALBOYS, G. W. FRASER, R. M. AMBROSI, N. NELMS
N. P. BANNISTER, M. R. SIMS, D. PULLAN and J. HOLT
Space Research Centre, University of Leicester, University Road, Leicester, LE2 7RHUK
(*E-mail: dlt3@star.le.ac.uk*)

(Accepted 26 May 2005)

Abstract. A human return to the Moon will require that astronauts are well equipped with instrumentation to aid their investigations during geological field work. Two instruments are described in detail. The first is a portable X-ray Spectrometer, which can provide rapid geochemical analyses of rocks and soils, identify lunar resources and aid selection of samples for return to Earth. The second instrument is the Geological and Radiation environment package (GEORAD). This is an instrument package, mounted on a rover, to perform *in-situ* measurements on the lunar surface. It can be used for bulk geochemical measurements of rocks and soils (particularly identifying KREEP-enriched rocks), prospect for ice in shadowed areas of craters at the poles and characterise the lunar radiation environment.

ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

CHEMIN (CHEMistry-MINeralogy):

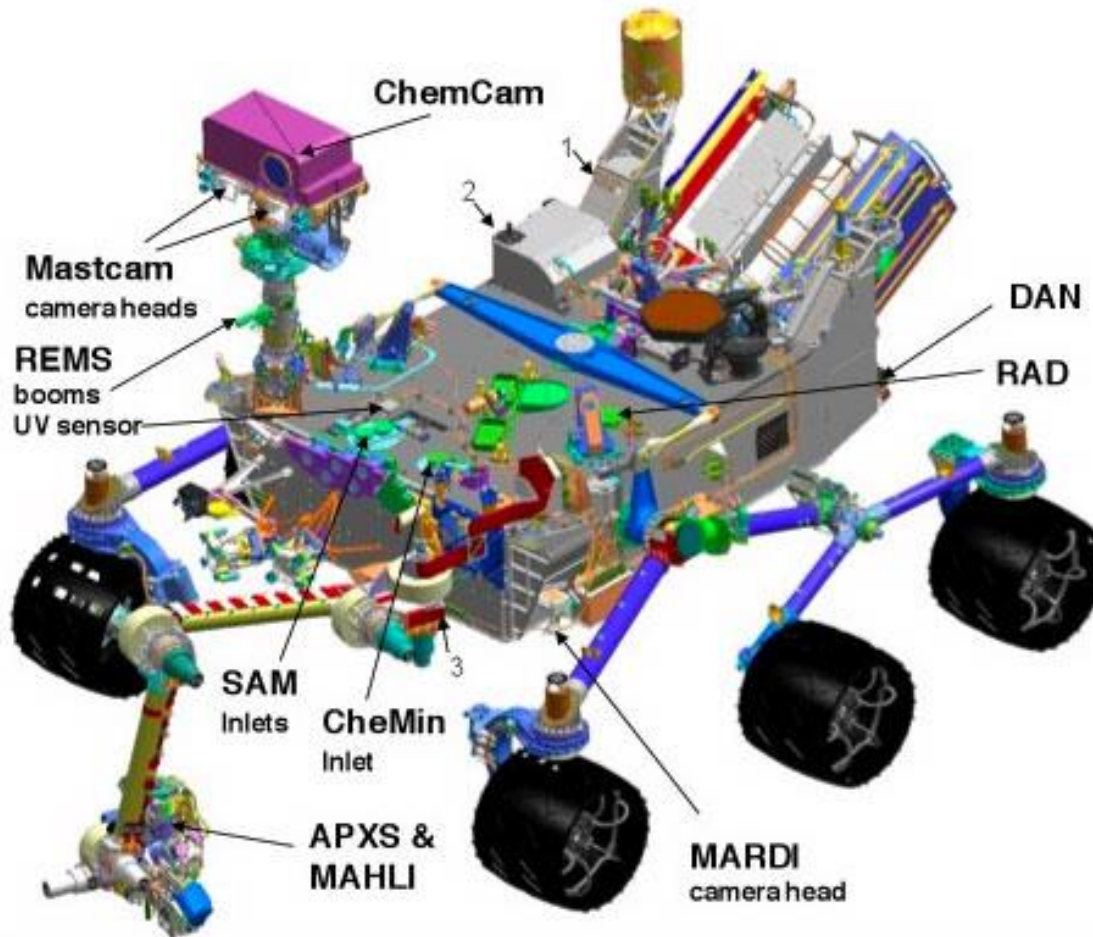
ΦΟΡΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ XRD/XRF ΓΙΑ ΤΟ Mars Science Laboratory
(**Curiosity Rover**)



ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

CHEMIN (CHEMistry-MINeralogy):

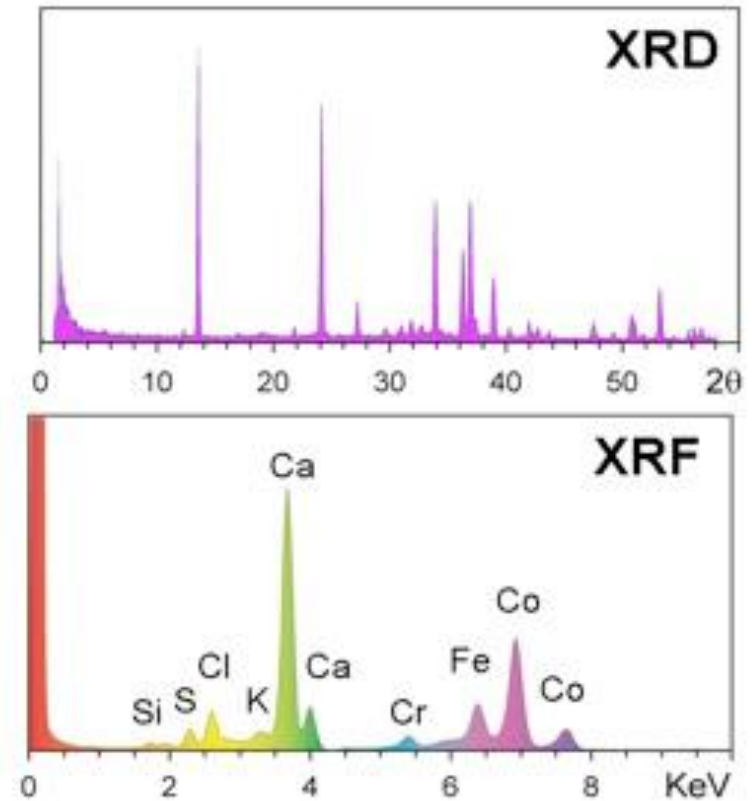
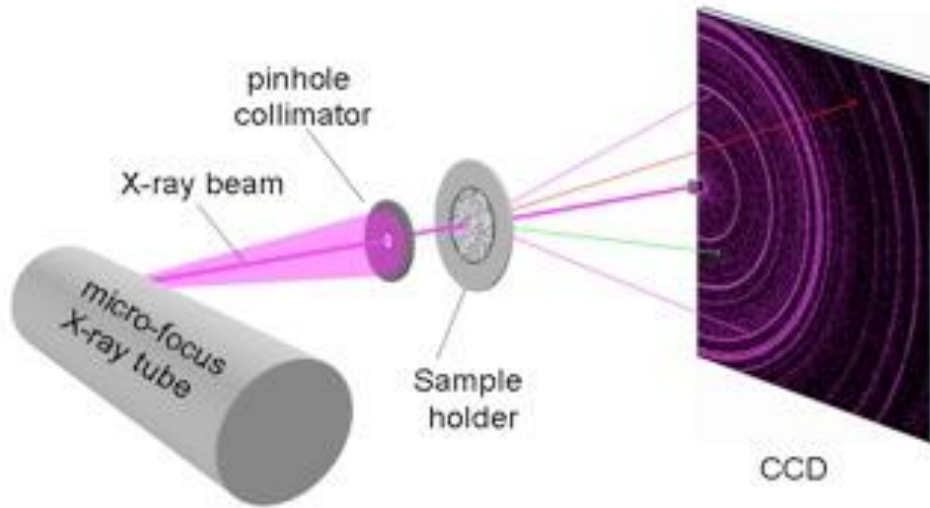
ΦΟΡΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ XRD/XRF ΓΙΑ ΤΟ Mars Science Laboratory
(**Curiosity Rover**)



ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

CHEMIN (CHEMistry-MINeralogy):

ΦΟΡΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ XRD/XRF ΓΙΑ ΤΟ Mars Science Laboratory (**Curiosity**)



Field deployment of a portable X-ray diffraction/X-ray fluorescence instrument on Mars analog terrain

P. Sarrazin^{a)}

inXitu, P.O. Box 730, Mountain View, California 94042

D. Blake and S. Feldman

NASA Ames Research Center, MS 239-4, Moffett Field, California 94035

S. Chipera and D. Vaniman

Los Alamos National Laboratory, MS D469, Los Alamos, New Mexico 87545

D. Bish

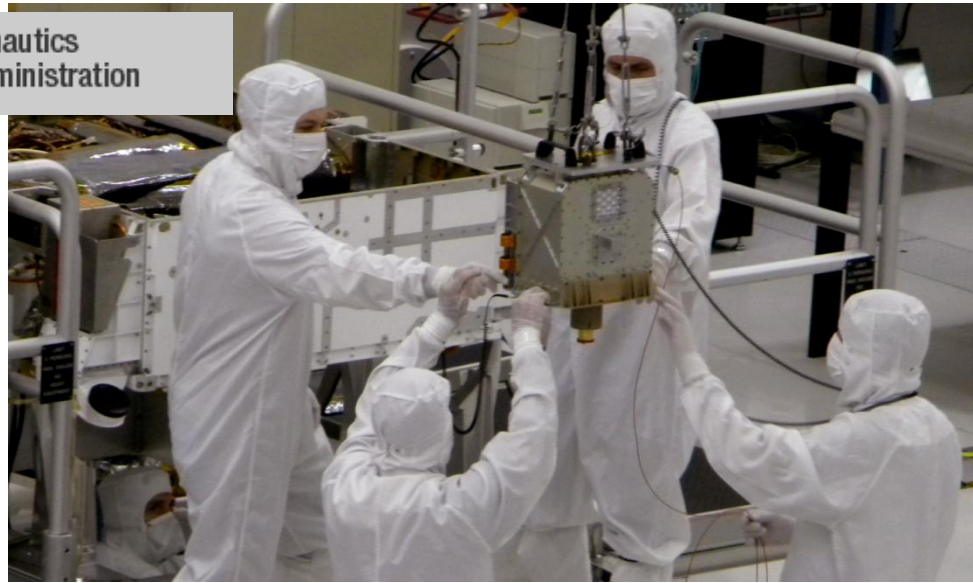
Indiana University, 1001 E 10th Street, Bloomington, Indiana 47405

(Received 31 October 2004; accepted 22 March 2005)

CheMin is a miniature X-ray diffraction/X-ray fluorescence instrument that is included in the payload of the Mars 2009 Mars Science Laboratory mission. A portable CheMin prototype was built to test the capability of the instrument for remote *in situ* mineralogical characterization of geological materials. The instrument was successfully deployed at a variety of Mars analog sites in Death Valley, CA, in May 2004. © 2005 International Centre for Diffraction Data. [DOI: 10.1154/1.1913719]



DAVID BLAKE



PHILIPPE
SARRAZIN



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

INDIANA UNIVERSITY
BLOOMINGTON

Geological Sciences at Indiana

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

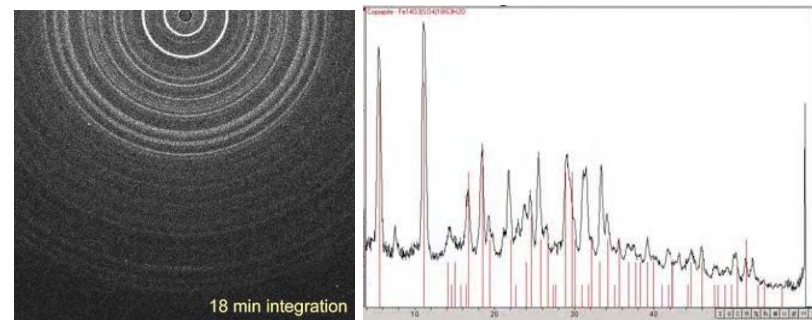
DAVID BISH
Haydn Murray Chair of Applied Clay Mineralogy
 Mineralogy

Search this site **GO**

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

Lunar and Planetary Science XXXVIII (2007)

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; ³ Centro de Astrobiología (CSIC/INTA) 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid, Spain; ⁴ Earth and Planetary Sciences, Washington University, St. Louis, MO 63130; ⁵ NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA 94035; ⁶ Dept. of Geological Sciences, Indiana Univ., Bloomington, IN 47405-1405.



www.nasa.gov/centers/ames/research/msl_chemin.html

HOME NEWS MISSIONS MULTIMEDIA CONNECT ABOUT NASA

Ames Search

NASA Home > Centers > Ames Home > Research

Send Print Share

Ames Research Center

- Ames Home
- About Ames
- News & Events
- Multimedia
- Missions
- Research**
- Education
- History
- Doing Business With Us

Research


Text Size + - Tweet <24 Like <4 +1 1 Pin it

★★★★☆ ?

The Chemistry and Mineralogy Instrument

David Blake, geologist at Ames, is the principal investigator for the The Chemistry and Mineralogy (CheMin) instrument that uses X-ray diffraction - a first for a mission to Mars and a more definitive method for identifying minerals than any instrument on previous missions. It supplements the diffraction measurements with X-ray fluorescence capability to garner further details of composition.

Some minerals detectable by CheMin, such as phosphates, carbonates, sulfates and silica, can help preserve biosignatures. Clay minerals trap and preserve organic compounds under some conditions. Some minerals that form when salty water evaporates can encase and protect organics, too. Other minerals that CheMin could detect might also have implications about past conditions favorable to life and to preservation of biosignatures – or evidence of life.



More Resources:
[Ames' contributions page](#)
[Ames MSL press kit](#)

http://www.nasa.gov/centers/ames/research/msl_chemin.html

Mars Science Laboratory Curiosity Rover

- HOME
- MISSION
- NEWS
- MULTIMEDIA
- PARTICIPATE!
- SEARCH
- ALL MARS

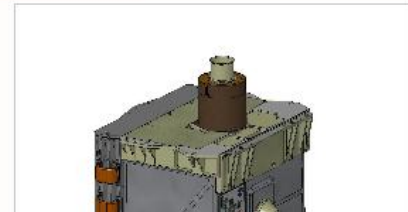
Mission > Instruments > Spectrometers > Chemistry & Mineralogy X-Ray Diffraction (CheMin)

MISSION

ALL INSTRUMENTS	
Cameras:	MastCam MAHLI MARDI
Spectrometers:	APXS ChemCam CheMin SAM
Radiation Detectors:	RAD DAN
Environmental Sensors:	REMS
Atmospheric Sensors:	MEDLI

The Chemistry and Mineralogy instrument, or CheMin for short, will identify and measure the abundances of various minerals on Mars. Examples of minerals found on Mars so far are olivine, pyroxenes, hematite, goethite, and magnetite.

Minerals are indicative of environmental conditions that existed when they formed. For example, olivine and pyroxene, two primary minerals in basalt, form when lava solidifies. Jarosite, found in sedimentary rocks by NASA's Opportunity rover on Mars, precipitates out of water.



<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/mission/instruments/spectrometers/chemin/>

ΕΠΙΤΟΠΟΥ (*in-situ*) ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΝ ΑΡΗ ΜΕ ΧRD (Οκτώβριος 2012)

www.nasa.gov/mission_pages/msl/index.html

HOME NEWS MISSIONS MULTIMEDIA CONNECT ABOUT NASA

NASA Home > Missions > Msl


Missions

Missions Highlights

- Current Missions
 - Current Missions
 - Mars Science Laboratory**
 - Launch
 - News & Media Resources
 - Multimedia
 - Images
- Past Missions
- Future Missions
- Launch Schedule
- Mission Calendar


Latest Images

> View gallery

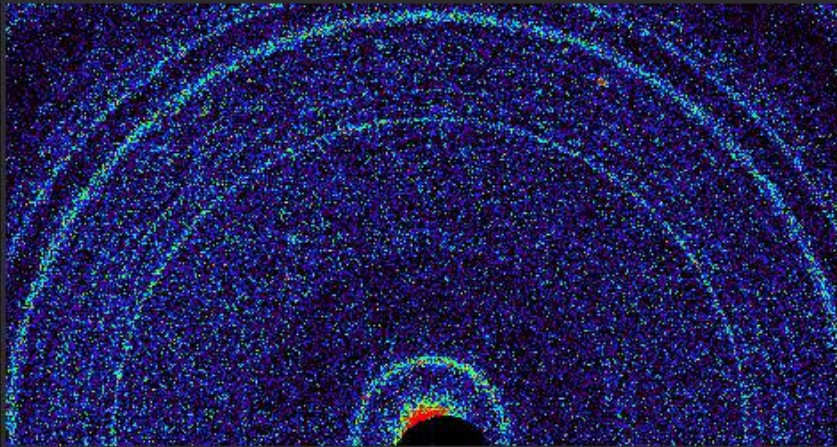


Mars Science Laboratory

Curiosity: Could Mars Have Once Harbored Life?



Latest News



Curiosity Analyzes First Taste of Martian Soil

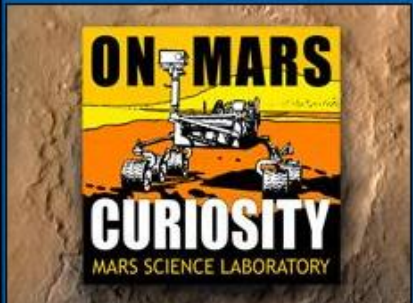
NASA's Mars rover Curiosity has completed initial experiments showing the mineralogy of Martian soil is similar to weathered basaltic soils of ...

> Read More

01 02 03 04 05 || >View Archives

MSL Videos

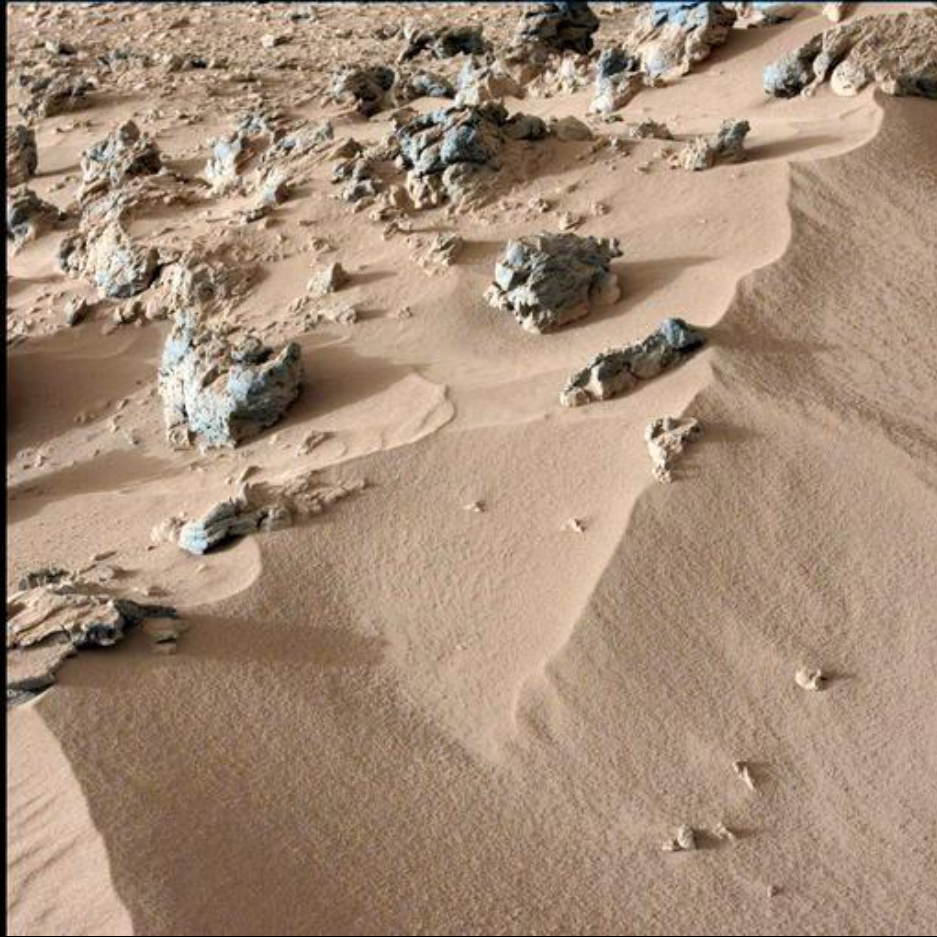
- Working with Curiosity's ChemCam Laser
- Mars Soil Sample Delivered
- Here's the Scoop!



> View This Video

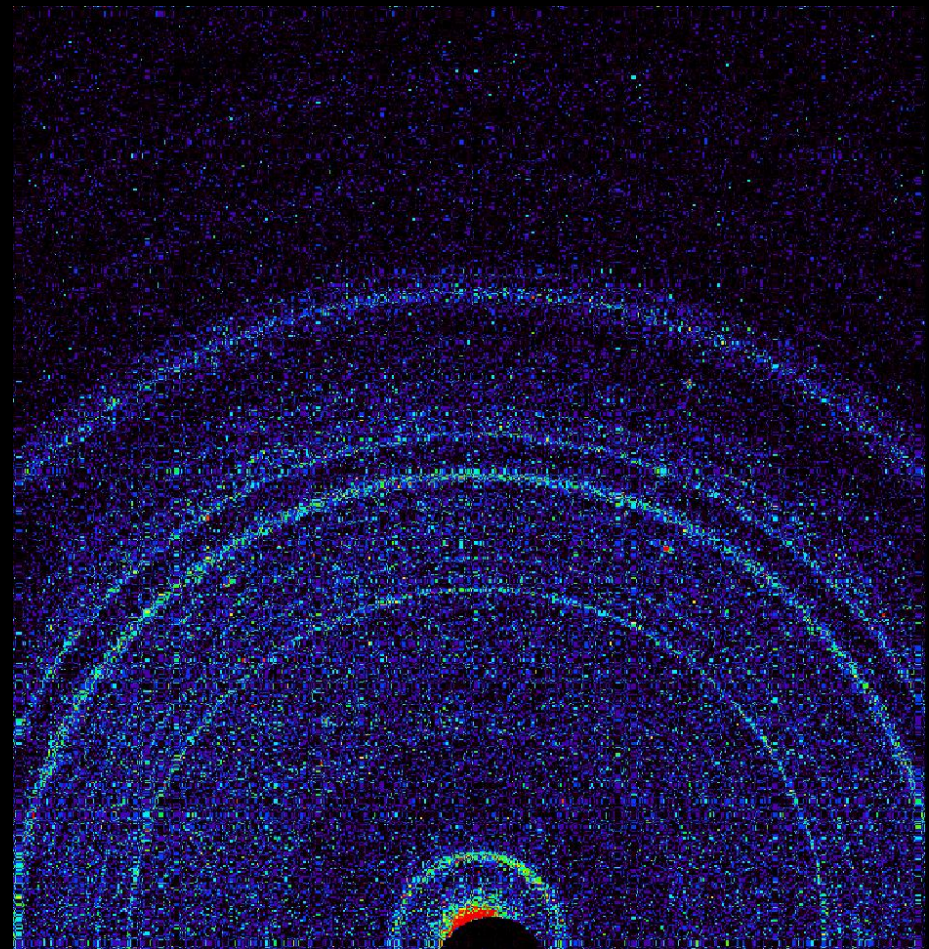
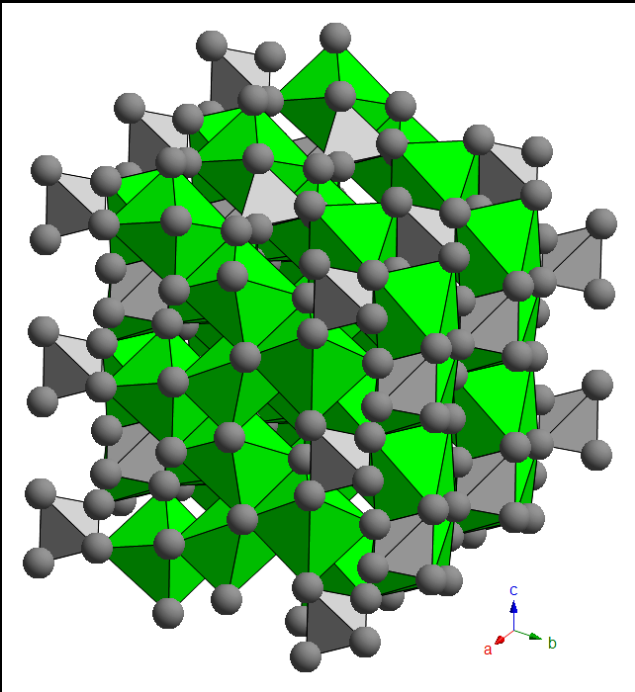
Curiosity's First Scoopful of

ΟΡΥΚΤΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΤΟΥ ΑΡΗ (Οκτώβριος 2012)



ΟΡΥΚΤΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΤΟΥ ΑΡΗ:

- ΟΛΙΒΙΝΗΣ • ΑΣΤΡΙΟΙ • ΠΥΡΟΞΕΝΟΙ



ΦΟΡΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ XRD/XRF

in situ XRD/XRF

Specifications

XRD resolution: 0.25° 2θ FWHM

XRD range: 20-55° 2θ

Detector type: 1024 x 256 pixels - 2D Peltier-cooled CCD

XRD geometry: Reflection based

Sample orientation: Flat or convex of infinite size

XRF energy resolution: 200 eV at 5.9 keV

XRF energy range: 3 to 25 keV

X-ray target material: Co or Cu (Cu standard)

X-ray tube voltage: 30kV

X-ray tube power: 10W

Data Storage: 40 Gb - Ruggedized internal hard drive

Wireless Connectivity: 802.11 b/g for remote control from web browser

Operating Temperature: -10°C to 35°C

Dimensions: 48.5 x 39.2 x 19.2cm base; 8.5 X 16 X 4 cm Head

Weight: 12 kg base; 7kg head

About inXitu inc.

inXitu Inc. is a leader in portable XRD/XRF based instrumentation. We specialize in developing the technologies required to enable the next generation of scientific instruments used for materials analysis. The technology used in our portable rock and mineral analyzer received a prestigious R&D 100 award and has been chosen to fly on the Mars Science Laboratory rover scheduled for launch in 2011.



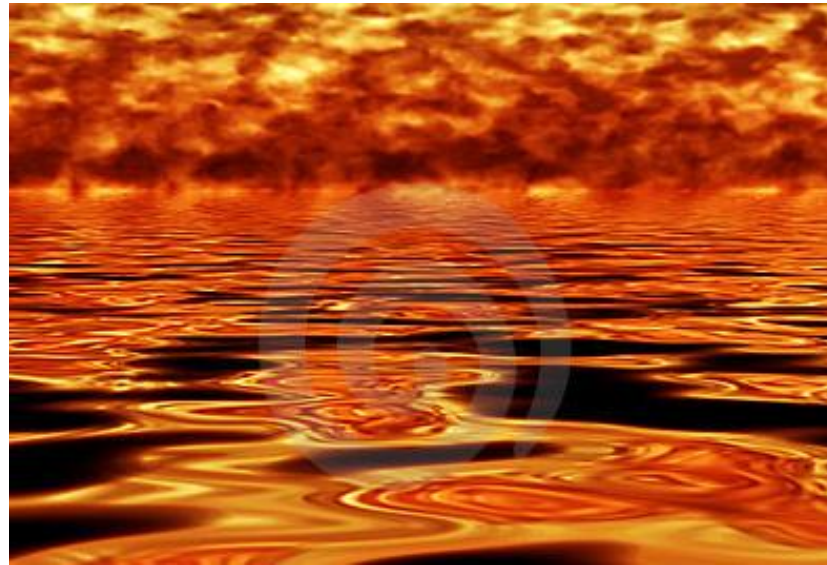
Duetto is featured in the May 2008 issue of Nature magazine.



Duetto

X-ray Diffraction / X-ray Fluorescence instrument for art conservation

**ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΟΡΥΚΤΩΝ
& ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

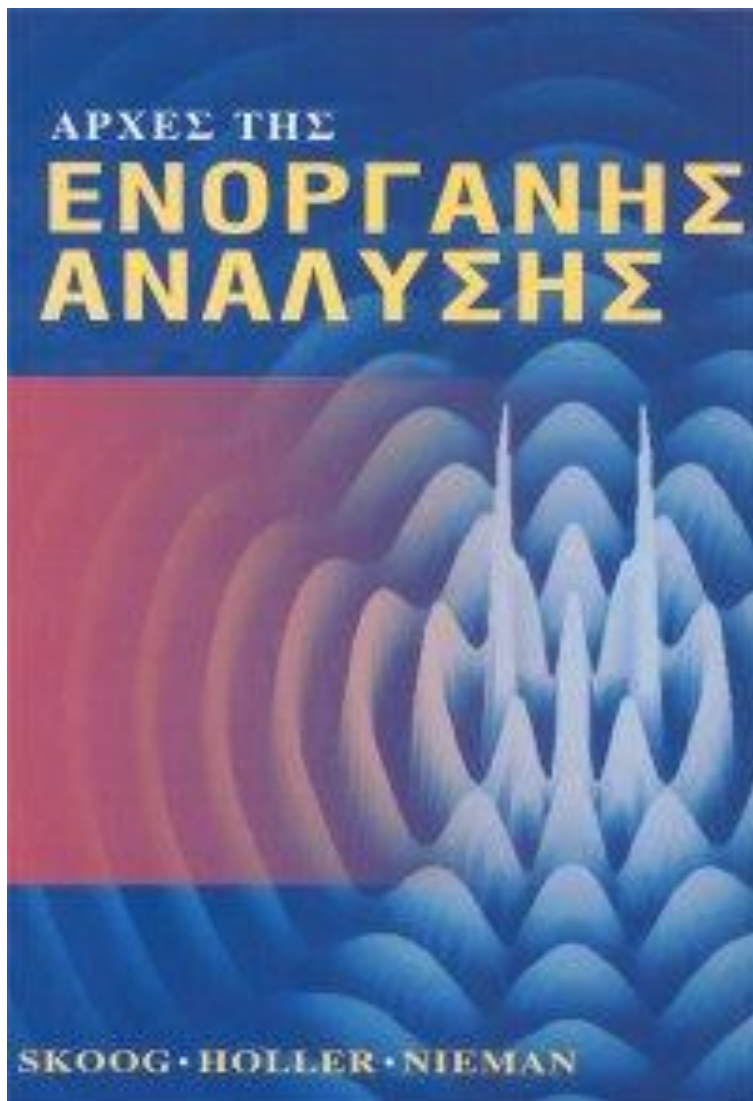


**THERMAL BEHAVIOR OF MINERALS
& THERMAL ANALYSIS**

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Θερμικές Μέθοδοι Θερμικές Τεχνικές

“Μια ομάδα τεχνικών με τις οποίες μετρείται κάποια φυσική ιδιότητα μιας ουσίας ή των προϊόντων αντίδρασής της ως συνάρτηση της θερμοκρασίας, όταν η τελευταία μεταβάλλεται κατά έναν προγραμματισμένο τρόπο”



Τίτλος: Αρχές Ενόργανης Ανάλυσης (μετάφραση 5ης έκδοσης)

Συγγραφείς: D. A. Skoog, F. James Holler, T. A. Nieman

Μετάφραση: Μ. Ι. Καραγιάννης, Κ. Η. Ευσταθίου, Ν. Χανιωτάκης

Στοιχεία έκδοσης: Χρόνος έκδ. 2003, σελ. 1090, ISBN: 0-03-002078-06

Κατηγορίες Θερμικών Τεχνικών

Θερμοσταθμική ανάλυση

Μεταβολή μάζας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας

Διαφορική Θερμική Ανάλυση

Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης

Μεταβολή ενθαλπίας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας

Ενθαλπιμετρικές ογκομετρήσεις

Μεταβολή ενθαλπίας ως αποτέλεσμα μιας χημικής αντιδράσεως

Θερμοσταθμική ανάλυση

thermogravimetry, TG

καταγράφεται συνεχώς η μάζα του δείγματος σε μια ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας ή του χρόνου, καθώς η θερμοκρασία του δείγματος αυξάνει (συνήθως γραμμικά με το χρόνο).

θερμογράφημα (thermogram)

ή καμπύλη θερμικής διάσπασης (thermal decomposition curve):

Διάγραμμα μάζας ως συνάρτηση του χρόνου

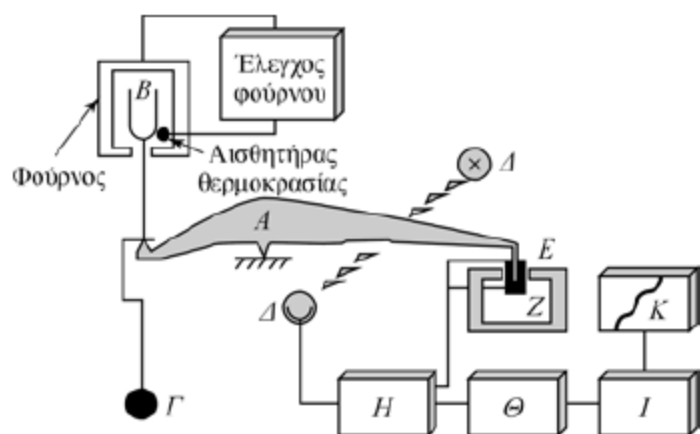
Οργανολογία

Ένα εμπορικό όργανο για Θερμοσταθμική Ανάλυση αποτελείται από:

- (1) ευαίσθητο αναλυτικό ζυγό
- (2) ένα φούρνο
- (3) σύστημα καθαρισμού με διαβίβαση αερίου που εξασφαλίζει αδρανή (ή μερικές φορές δραστική) ατμόσφαιρα
- (4) έναν μικροϋπολογιστή/μικροεπεξεργαστή

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Σε μερικές περιπτώσεις υπάρχει η δυνατότητα εναλλαγής από αέριο σε αέριο

Θερμικός Ζυγός ή Θερμοζυγός

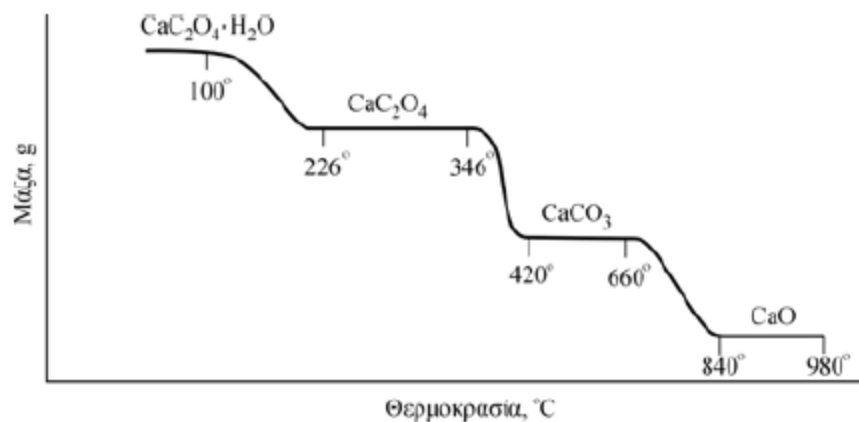


Τμήματα θερμικού ζυγού:*

- A: βραχίονας,
- B: δοχείο δείγματος + υποδοχέας,
- Γ: αντισταθμιστικό βάρος,
- Δ: λυχνία και φωτοδιόδοι,
- E: πηνίο,
- Z: μαγνήτης,
- H: ενισχυτής ελέγχου,
- Θ: υπολογιστής απόβαρου,
- I: ενισχυτής,
- K: καταγραφικό.

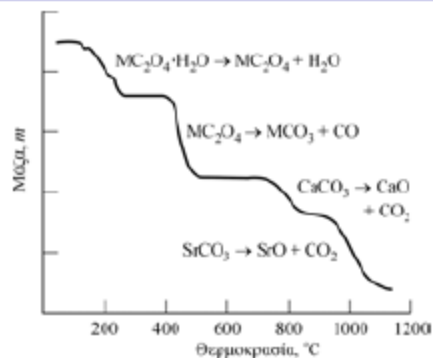
* (ΑΡΧΕΣ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, D. Skoog, F. J. Holler, T. A. Nieman, 5^η Έκδοση, Ελληνική Μετάφραση Καραγιάννη-Ευσταθίου-Χανιωτάκη, Εκδόσεις Κωσταράκη)

Παραδείγματα

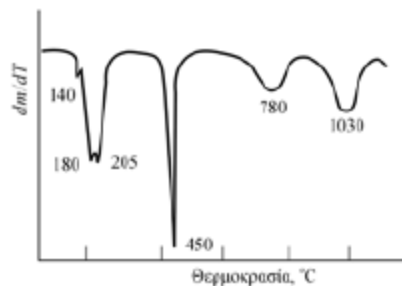


Θερμογράφημα αποσύνθεσης $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
σε αδρανή ατμόσφαιρα

* (ΑΡΧΕΣ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, D. Skoog, F. J. Holler, T. A. Nieman, 5^η Έκδοση, Ελληνική Μετάφραση Καραγιάννη-Ευσταθίου-Χανιωτάκη, Εκδόσεις Κωσταράκη)



(ε) Θερμογράφημα



(β) Διαφορικό θερμογράφημα

Διάσπαση των $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$,
 $\text{SrC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ και $\text{BaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ *

Η παραγωγός θερμογραφήματος
 αποκαλύπτει πληροφορίες, που δεν
 είναι εμφανείς στο αρχικό
 θερμογράφημα

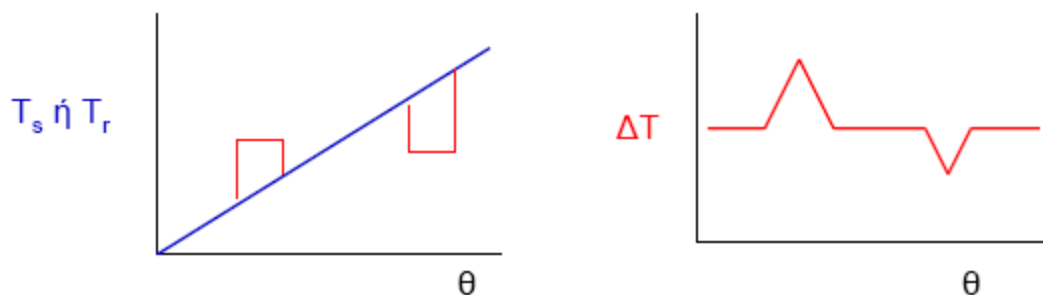
* (ΑΡΧΕΣ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, D. Skoog, F. J. Holler, T. A. Nieman, 5η Έκδοση, Ελληνική Μετάφραση Καραγιάννη-Ευσταθίου-Χανιωτάκη, Εκδόσεις Κωσταράκη)

Διαφορική Θερμική Ανάλυση

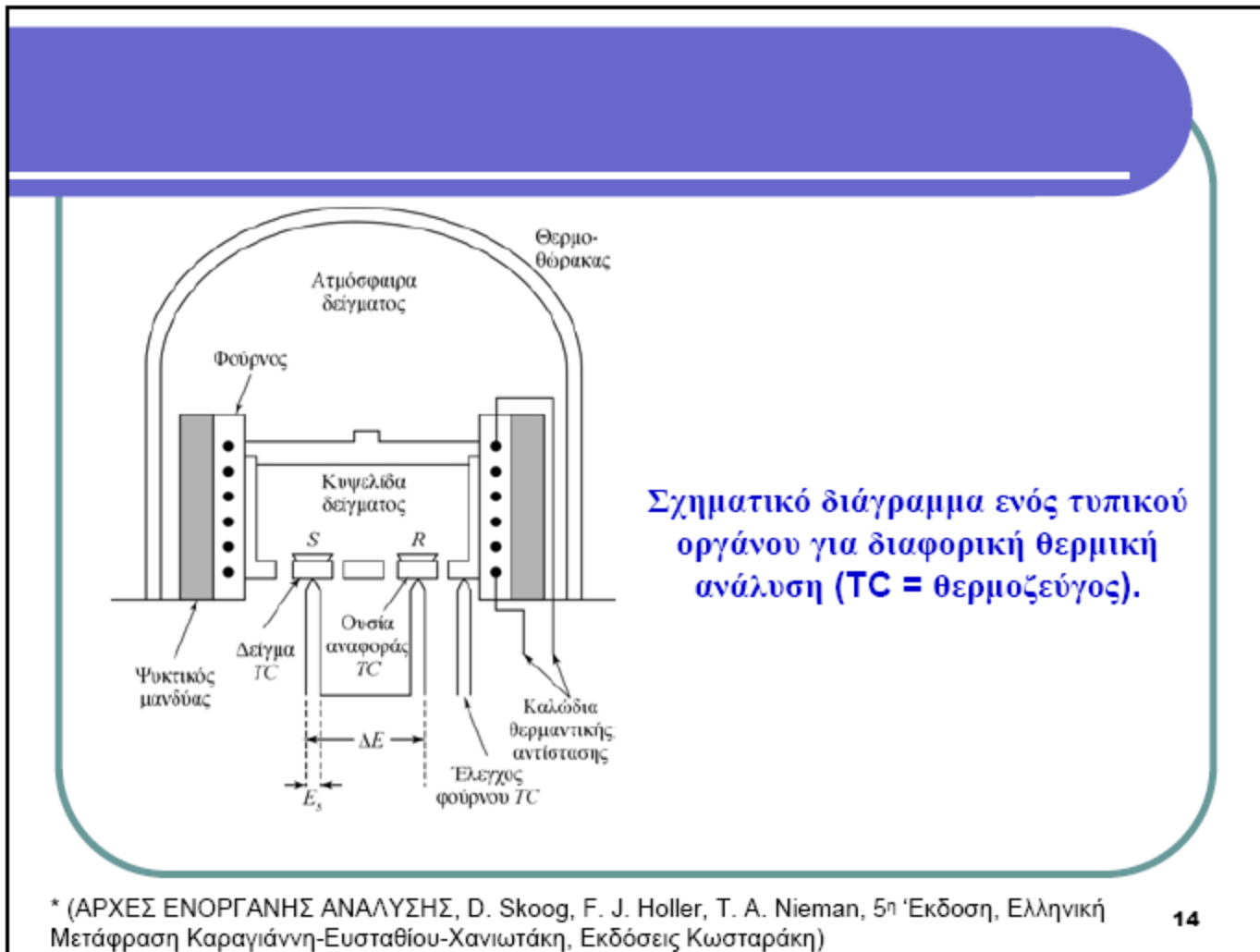
differential thermal analysis, DTA

παρακολουθείται η διαφορά στη θερμοκρασία μεταξύ μιας ουσίας και ενός υλικού αναφοράς ως συνάρτηση της θερμοκρασίας, όταν η ουσία και το υλικό αναφοράς υπόκεινται σε προγραμματισμένη μεταβολή θερμοκρασίας.

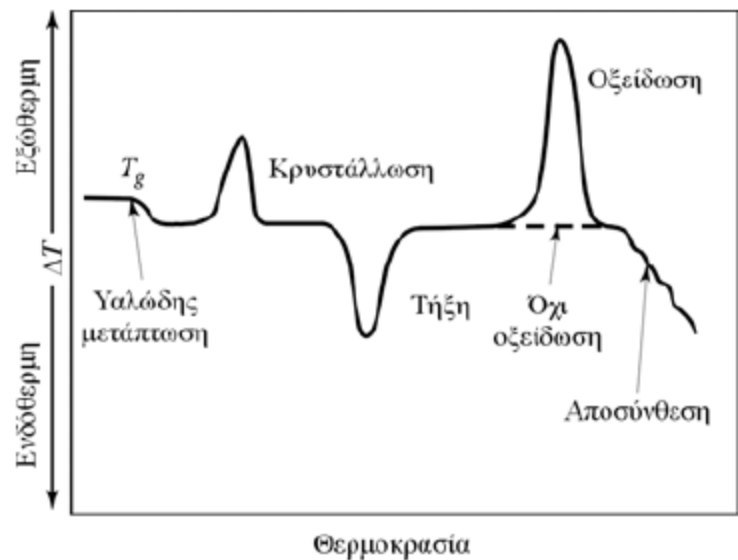
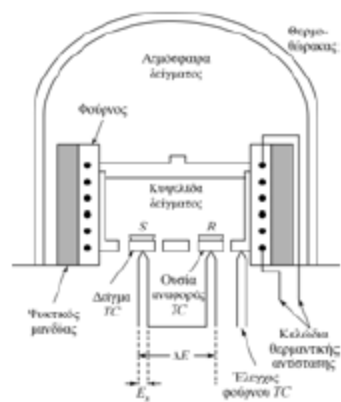
θέρμανση δείγματος και υλικού αναφοράς έτσι, ώστε η θερμοκρασία του δείγματος T_s να αυξάνει γραμμικά με το χρόνο. Στη συνέχεια καταγράφεται η διαφορά ΔT μεταξύ της θερμοκρασίας του δείγματος και του υλικού αναφοράς T_r ($\Delta T = T_r - T_s$) και σχεδιάζεται η γραφική παράσταση ως προς τη θερμοκρασία του δείγματος



υλικό αναφοράς: ουσία που δεν υφίσταται μεταβολές στις θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται
αδρανής ουσία, όπως οξείδιο του αργιλίου, καρβίδιο του πυριτίου ή μικρά υάλινα σφαιρίδια.



* (ΑΡΧΕΣ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, D. Skoog, F. J. Holler, T. A. Nieman, 5η Έκδοση, Ελληνική Μετάφραση Καραγιάννη-Ευσταθίου-Χανιωτάκη, Εκδόσεις Κωσταράκη)



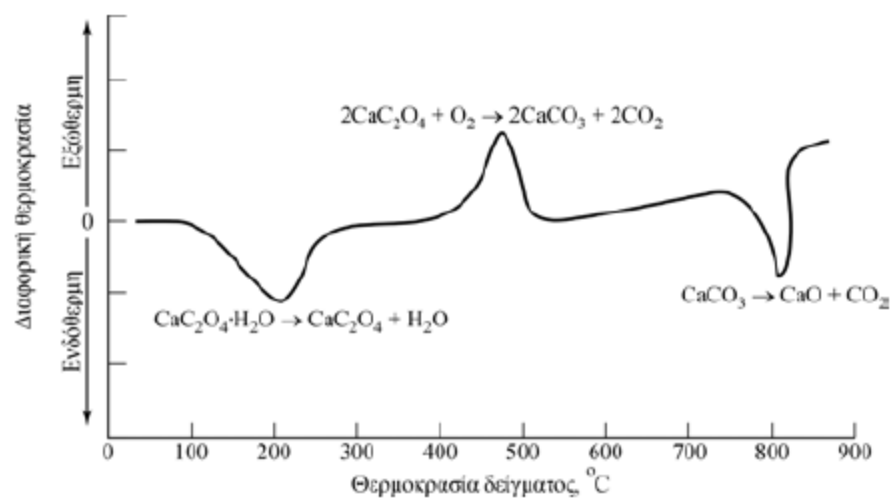
* (ΑΡΧΕΣ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, D. Skoog, F. J. Holler, T. A. Nieman, 5^η Έκδοση, Ελληνική Μετάφραση Καραγιάννη-Ευσταθίου-Χανιωτάκη, Εκδόσεις Κωσταράκη)

Γενικές αρχές

Η Διαφορική Θερμική Ανάλυση παρακολουθεί **ΜΟΝΟ** μεταβολές που συνοδεύονται από μεταβολή ενθαλπίας, δηλαδή φυσικές διεργασίες ή χημικές μεταβολές. **ΔΕΝ** ανταποκρίνεται σε μεταβολές μάζας.

- ↳ Φυσικές ενδόθερμες διεργασίες είναι η τήξη, η εξάτμιση, η εξάχνωση, η απορρόφηση και η εκρόφηση.
- ↳ Εξώθερμες διεργασίες είναι συνήθως η προσρόφηση και η κρυστάλλωση.
- ↳ Οι χημικές αντιδράσεις μπορούν επίσης να είναι ενδόθερμες ή εξώθερμες. Ενδόθερμες αντιδράσεις είναι η αφυδάτωση, η αναγωγή σε ατμόσφαιρα αερίου και η διάσπαση.
- ↳ Εξώθερμες αντιδράσεις είναι η οξείδωση παρουσία αέρα ή οξυγόνου, ο πολυμερισμός και οι καταλυτικές αντιδράσεις.

Εφαρμογές-2



Διαφορικό θερμογράφημα $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ παρουσία O_2 .
Ρυθμός αύξησης θερμοκρασίας = $8 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ *

* (ΑΡΧΕΣ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, D. Skoog, F. J. Holler, T. A. Nieman, 5η Έκδοση, Ελληνική Μετάφραση Καραγιάννη-Ευσταθίου-Χανιωτάκη, Εκδόσεις Κωσταράκη)

Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης

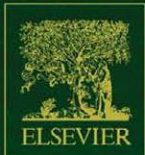
differential scanning calorimetry, DSC

Παρακολουθείται η διαφορά ροής θερμότητας προς μία ουσία-δείγμα και προς μία ουσία αναφοράς, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας του δείγματος, όταν οι δύο ουσίες υπόκεινται σε ένα ελεγχόμενο πρόγραμμα θερμοκρασίας.

Θερμιδομετρική μέθοδος : καταγράφονται διαφορές ενέργειας.
(διαφορική θερμική ανάλυση: καταγράφονται διαφορές θερμοκρασίας)

- **DSC αντιστάθμισης ισχύος (power compensated DSC):** δείγμα και υλικό αναφοράς θερμαίνονται με ξεχωριστές πηγές θέρμανσης, ώστε οι θερμοκρασίες τους να διατηρούνται ίδιες, ενώ συγχρόνως αυξάνουν ή μειώνονται γραμμικά
- **DSC ροής θερμότητας (heat flux):** μετρείται η διαφορά των ροών θερμότητας προς το δείγμα και προς την ουσία αναφοράς, καθώς αυξάνει ή μειώνεται γραμμικά η θερμοκρασία του δείγματος





HANDBOOK OF THERMAL ANALYSIS AND CALORIMETRY

SERIES EDITOR: PATRICK K. GALLAGHER

VOLUME 2

APPLICATIONS TO INORGANIC AND MISCELLANEOUS MATERIALS

EDITORS
MICHAEL E. BROWN
PATRICK K. GALLAGHER

HANDBOOK OF THERMAL ANALYSIS AND CALORIMETRY

VOLUME 2
APPLICATIONS TO INORGANIC AND
MISCELLANEOUS MATERIALS

EDITED BY

MICHAEL E. BROWN

DEPARTMENT OF CHEMISTRY
RHODES UNIVERSITY
GRAHAMSTOWN 6140
SOUTH AFRICA

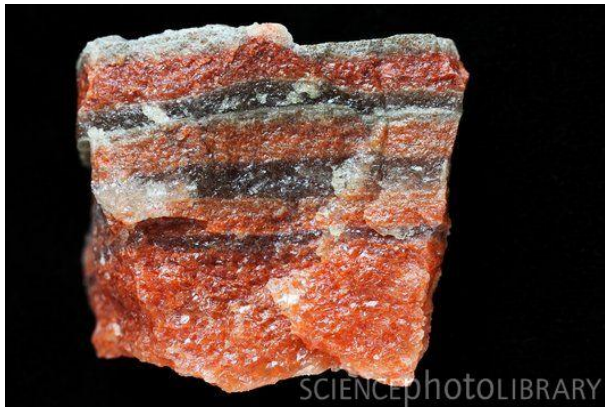
PATRICK K. GALLAGHER

DEPARTMENT OF CHEMISTRY
OHIO STATE UNIVERSITY
USA

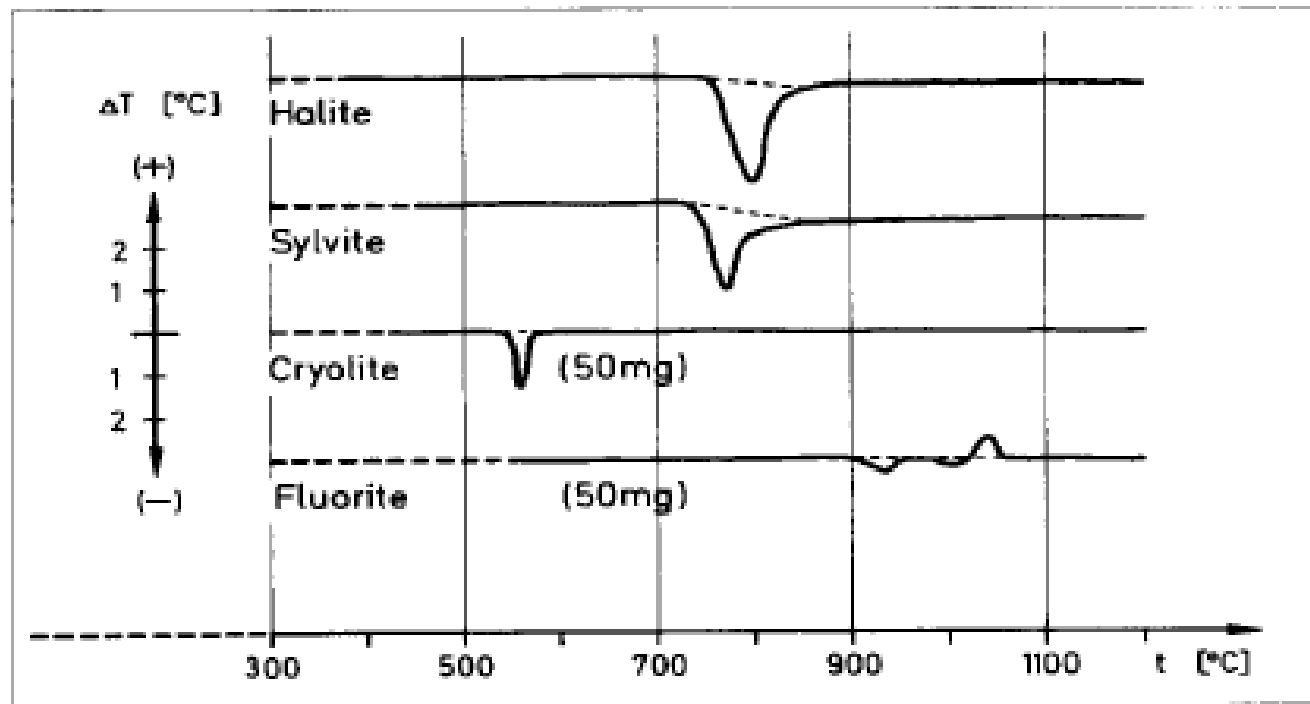
2003

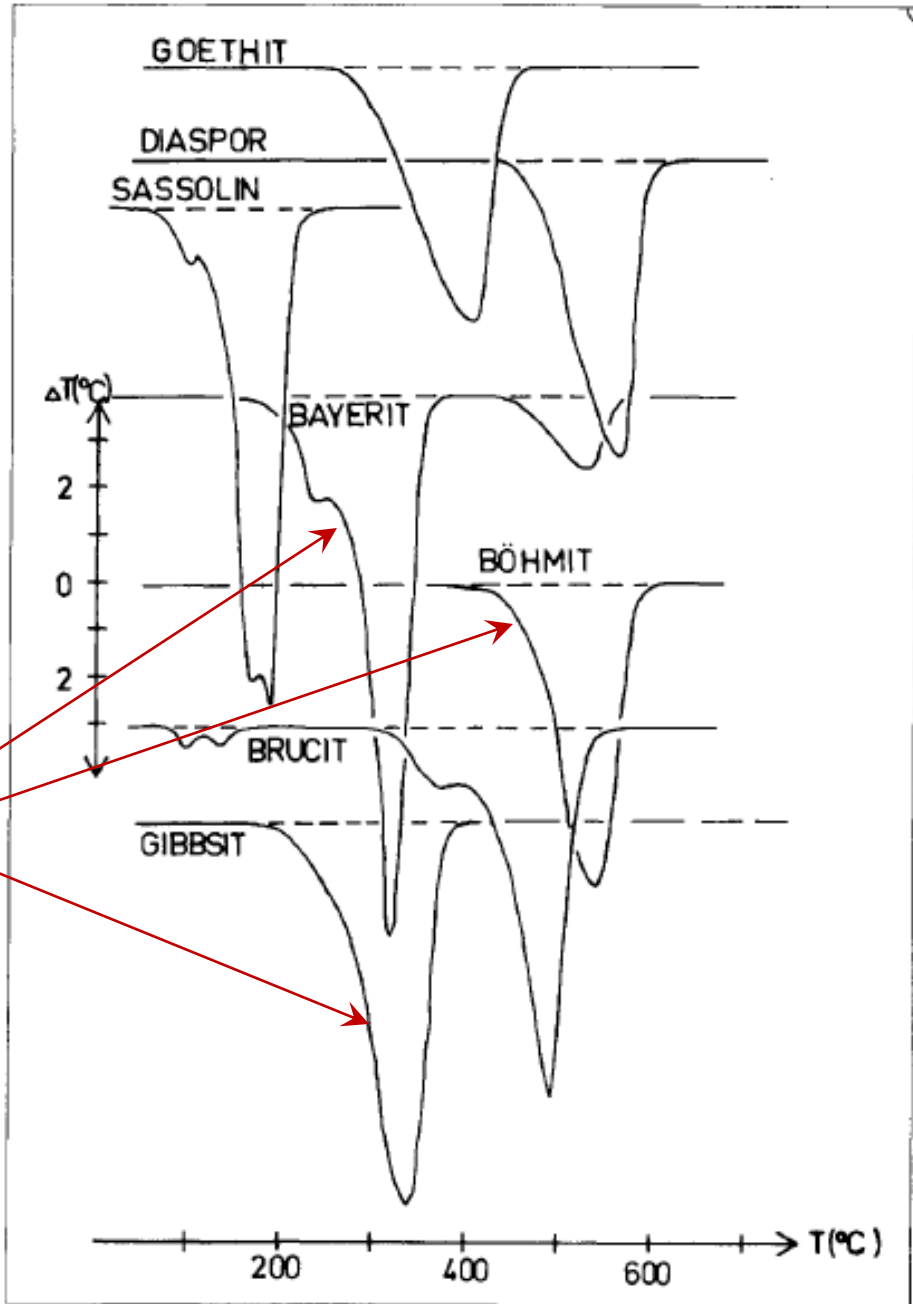
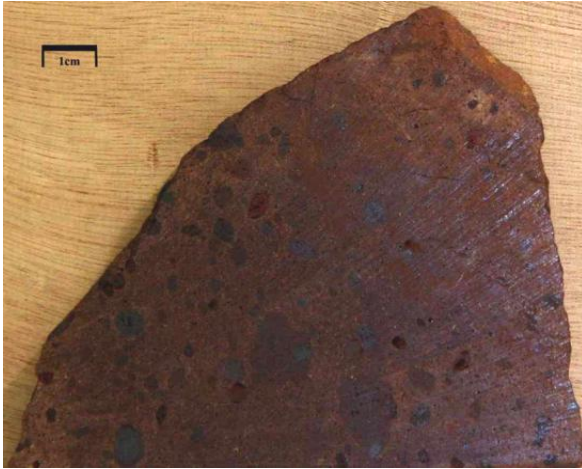


AMSTERDAM - BOSTON - HEIDELBERG - LONDON - NEW YORK - OXFORD
PARIS - SAN DIEGO - SAN FRANCISCO - SINGAPORE - SYDNEY - TOKYO



ΑΛΟΓΟΝΙΔΙΑ





Πολύμορφα ΑΙΟΟΗ

ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΑ/
ΟΞΥ-ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΑ
Fe, Al

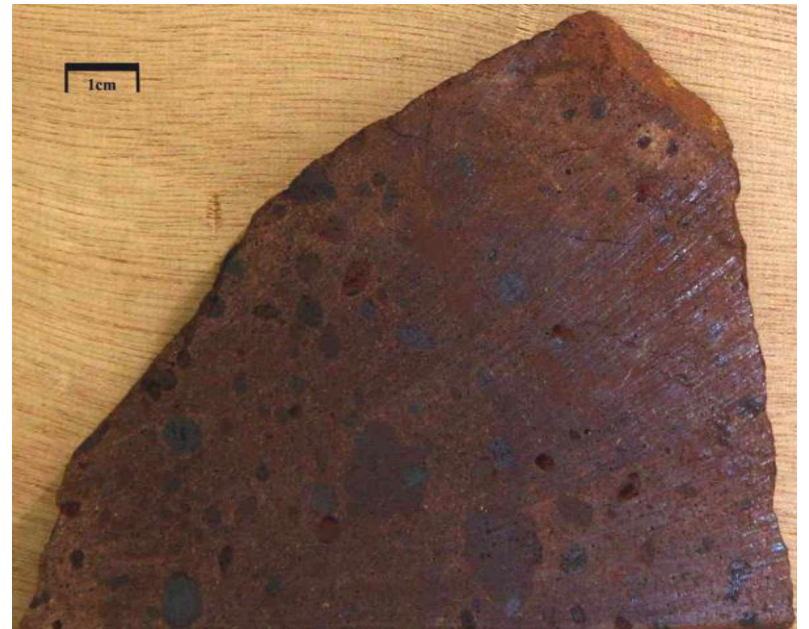
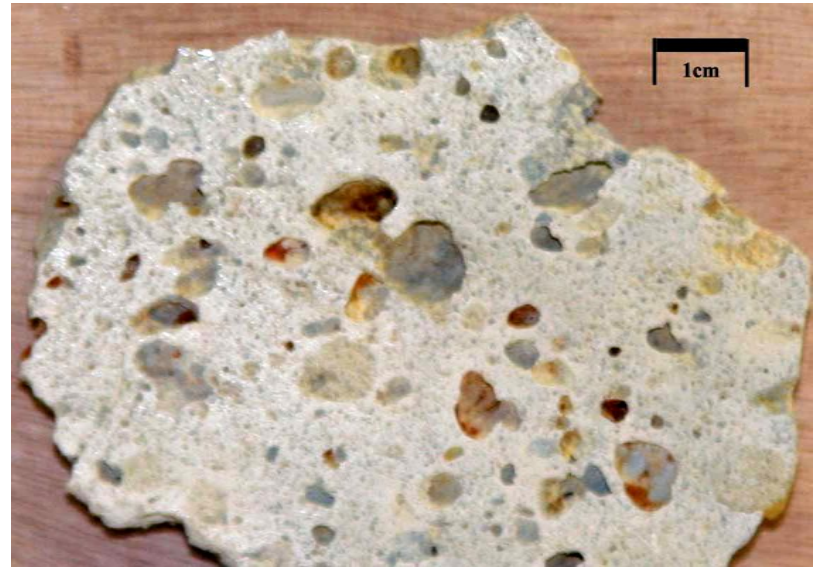
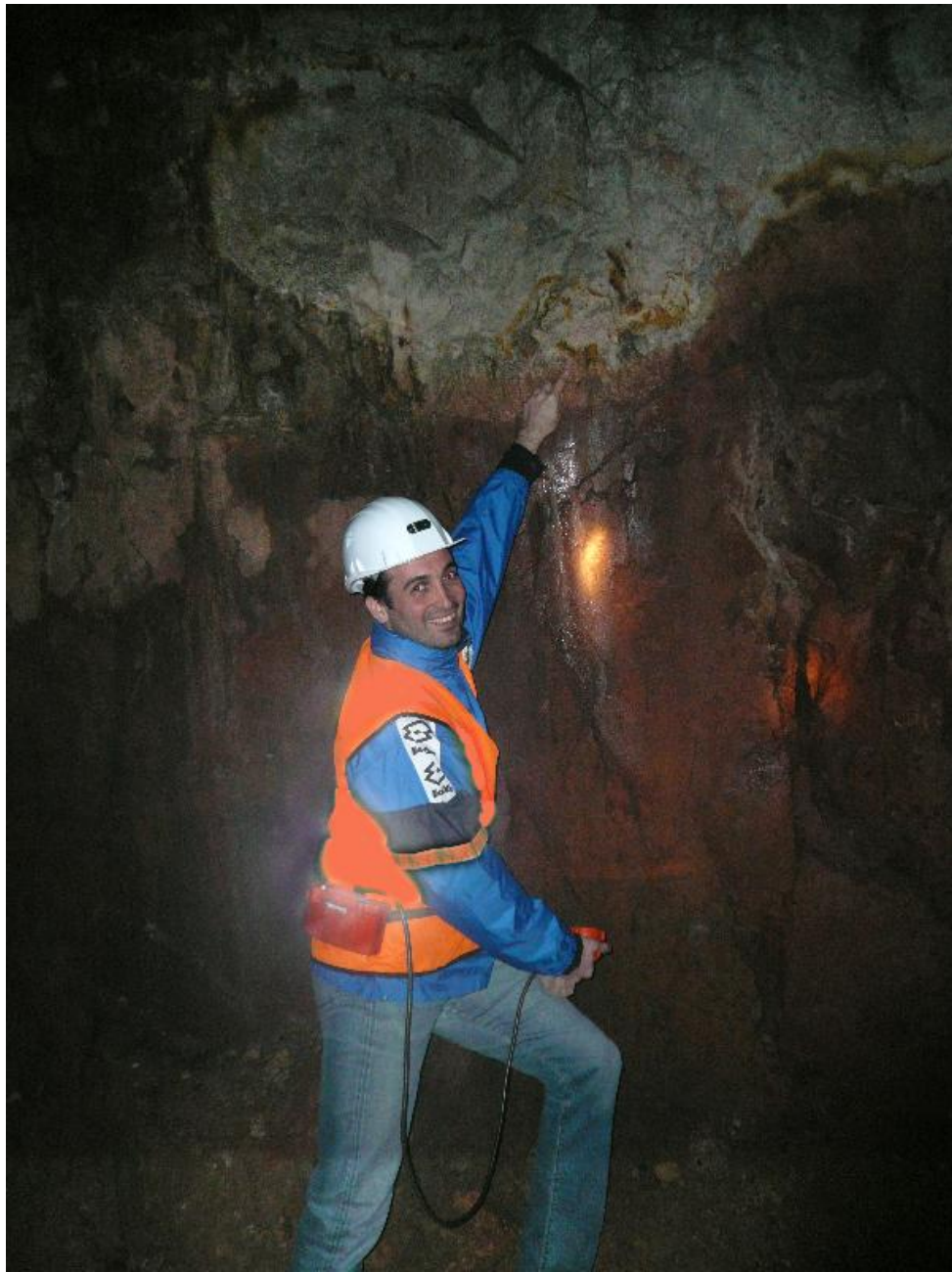








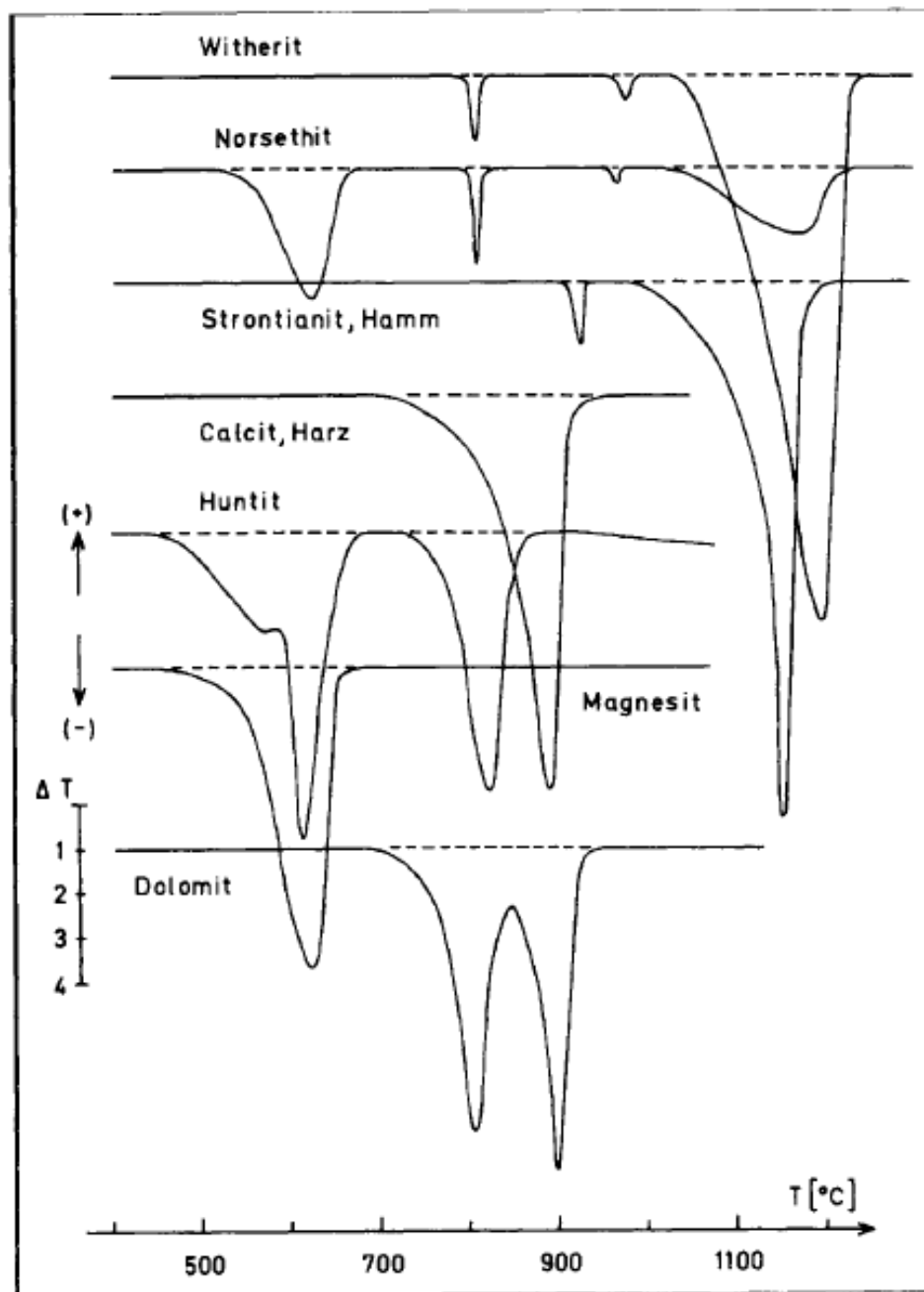






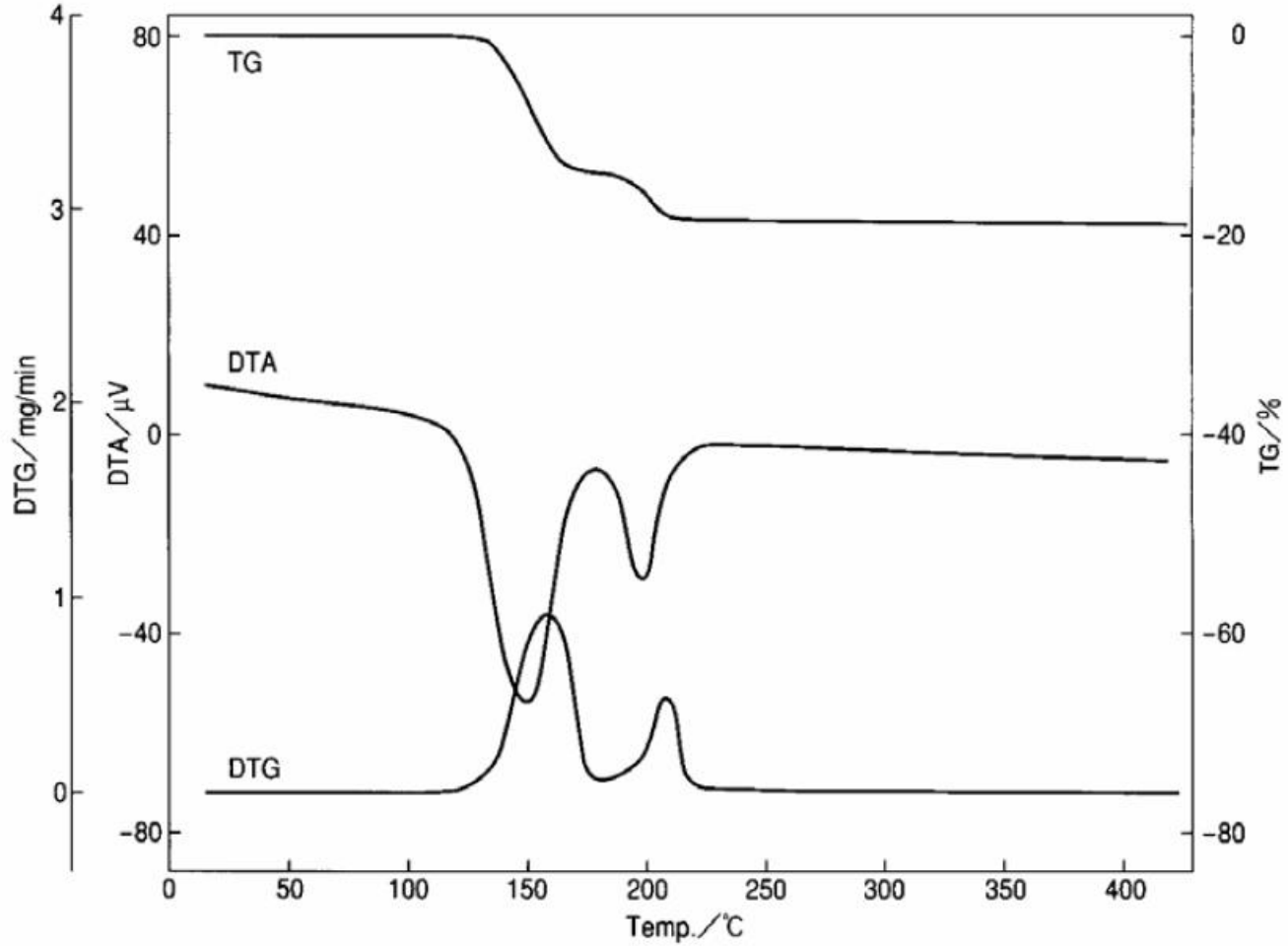


ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ





ΓΥΨΟΣ



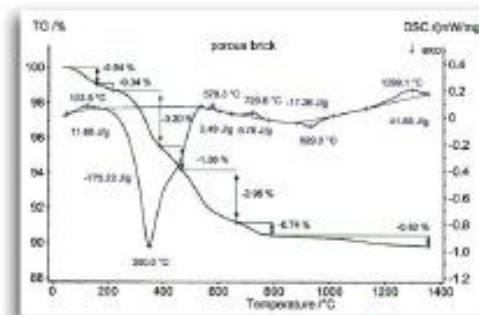
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΑΝΑΛΥΣΗ TG-FTIR

Application: Building materials

Energy-saving in building requires wall constructions with low thermal conductivity. This is achieved using building bricks with high porosity. Various organic products capable of producing a high volume of voids are mixed into the clay to form the cavities during firing.

The burn-out of the organics in a traditional clay brick is accompanied by high energy release (775 J/g). Water and carbon dioxide are the main volatiles during the binder burn-out, but the FTIR also clearly detects the evolution of HF and SO₂ from the clay.

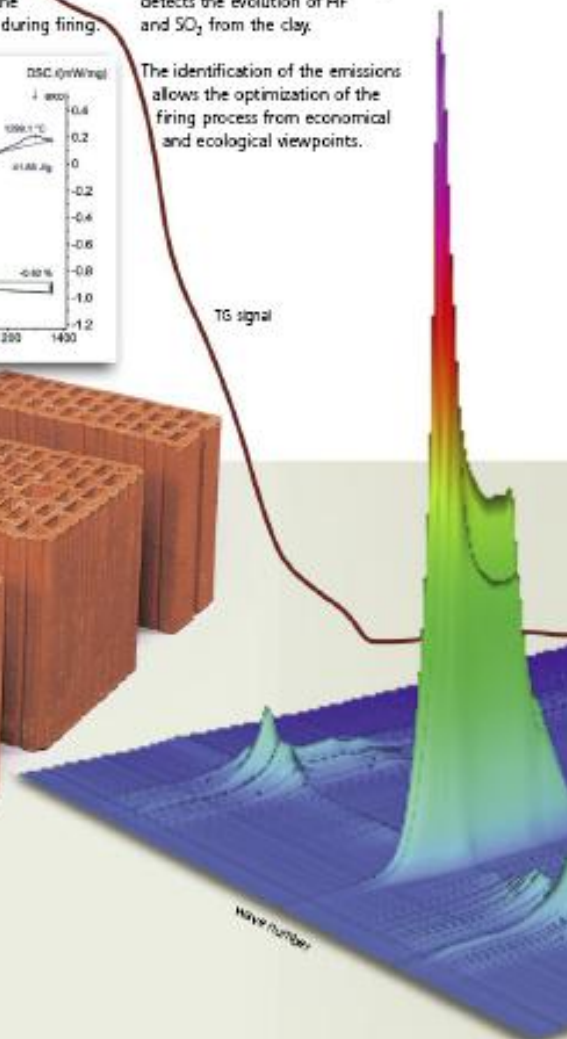
The identification of the emissions allows the optimization of the firing process from economical and ecological viewpoints.



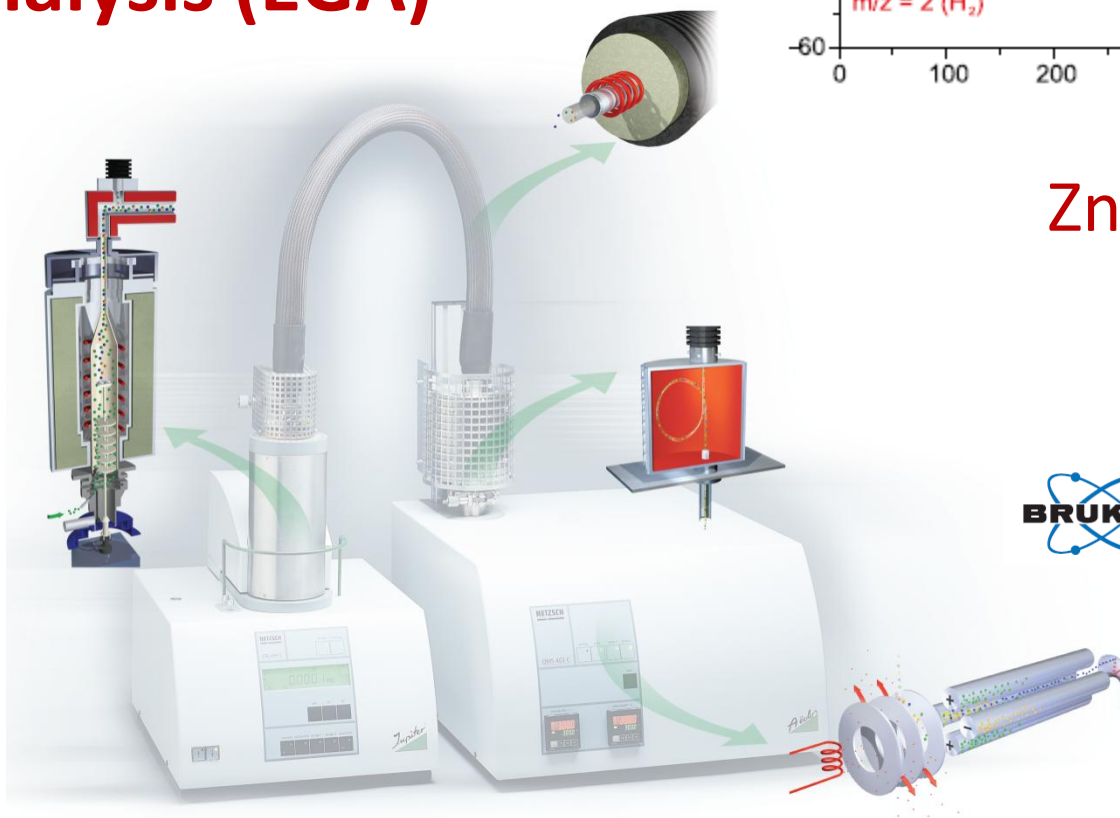
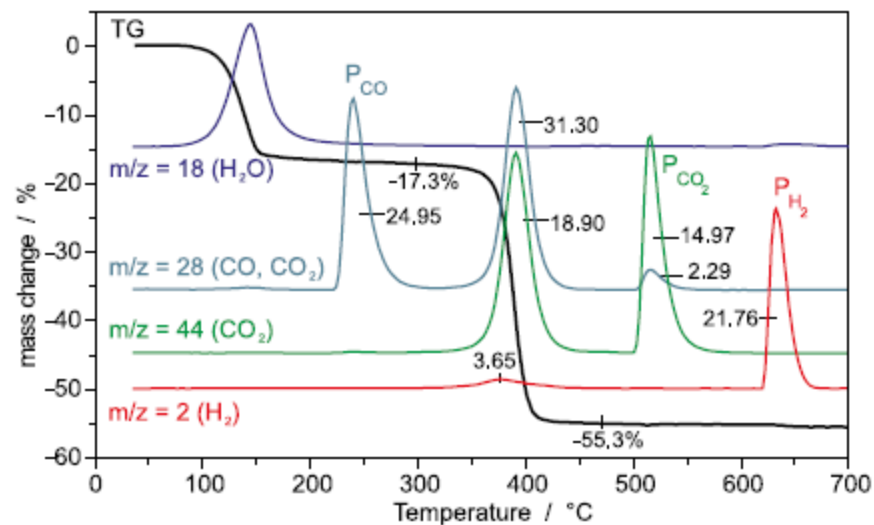
Weight and energetic changes of a raw clay for porous bricks



Coupling TG 209 F1 Iris® - Tensor™ 27 with external gas cell



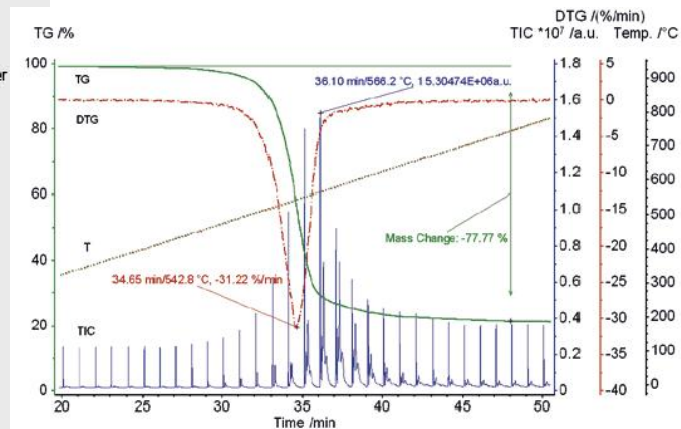
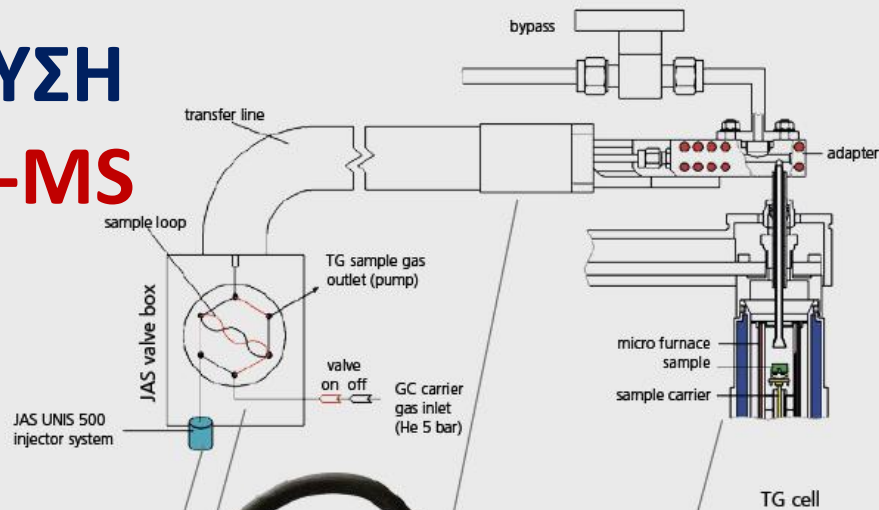
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΑΝΑΛΥΣΗ TG-MS: Evolved Gas Analysis (EGA)



ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ

ΑΝΑΛΥΣΗ

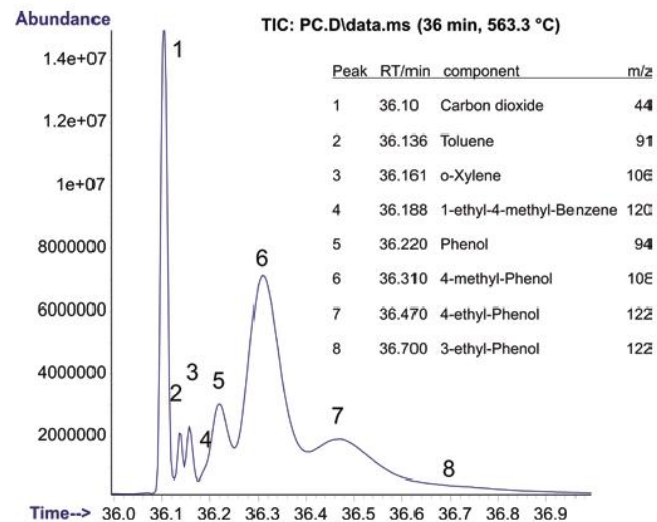
TG-GC-MS



MSD
1.6 u to 1050 u

GC
35°C to 425°C

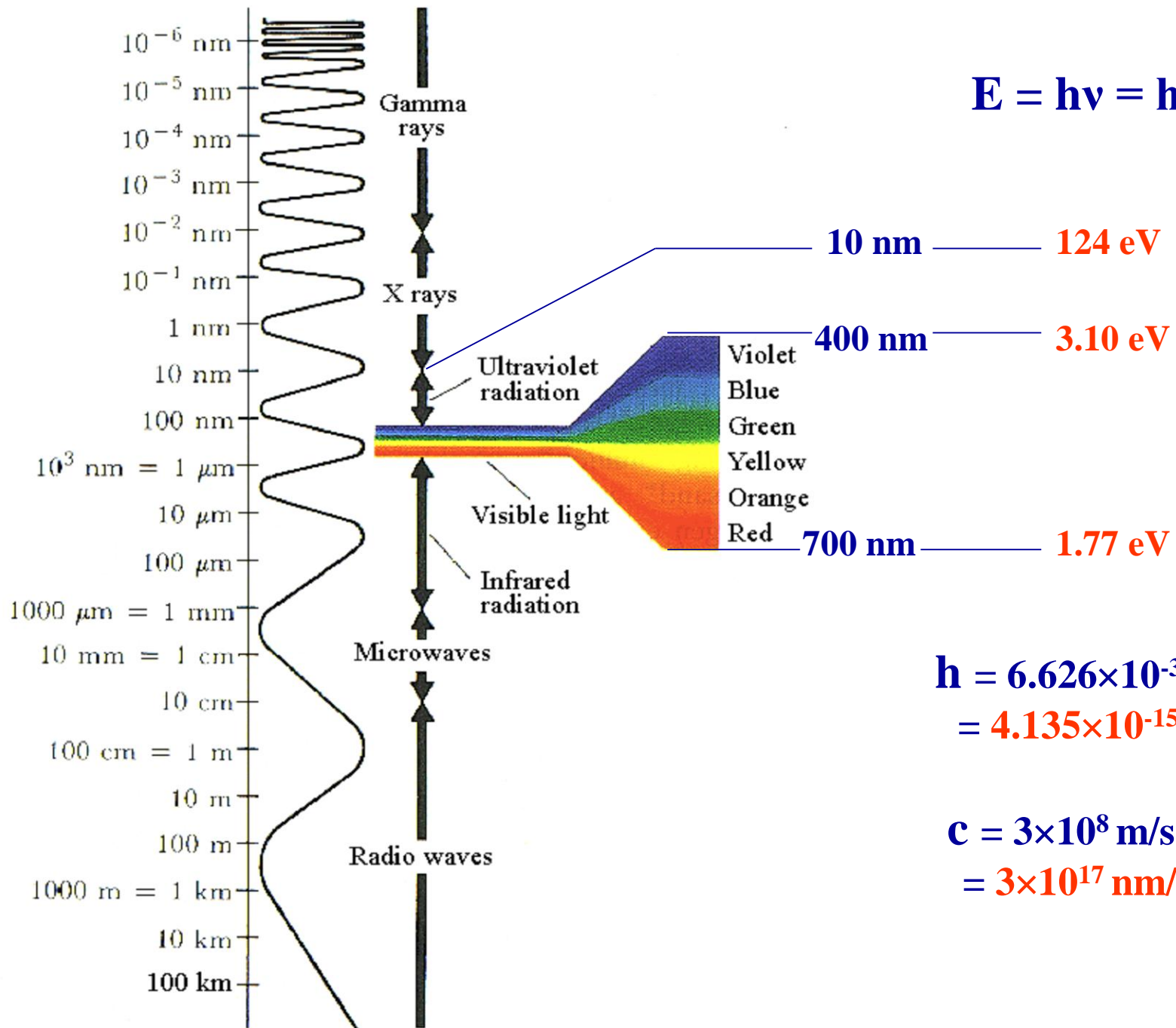
TG 209 F1 Libra™
10°C to 1100°C, 0.1 µg



Polycarbonate in He

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΟΡΥΚΤΩΝ

- **ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ** → ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ
- **ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ** → ΟΠΤΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ
- **ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ** → ΔΟΜΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ



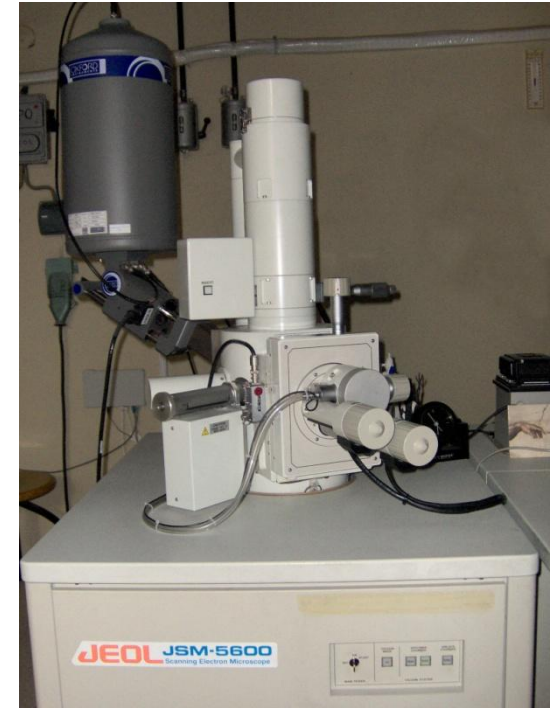
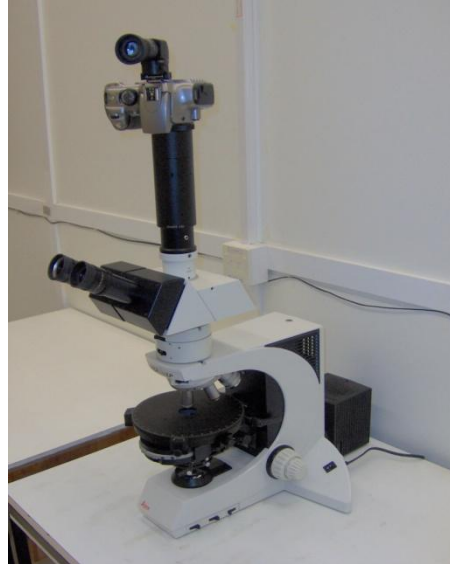
$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js} = 4.135 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 3 \times 10^{17} \text{ nm/s}$$

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

**ΣΑΡΩΤΙΚΟ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ
ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ (SEM)**



**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ
ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ (TEM)**

**ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
ΑΤΟΜΙΚΗΣ
ΔΥΝΑΜΗΣ (AFM)**



ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΟΡΥΚΤΩΝ & ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ (cm/μm-κλίμακα)

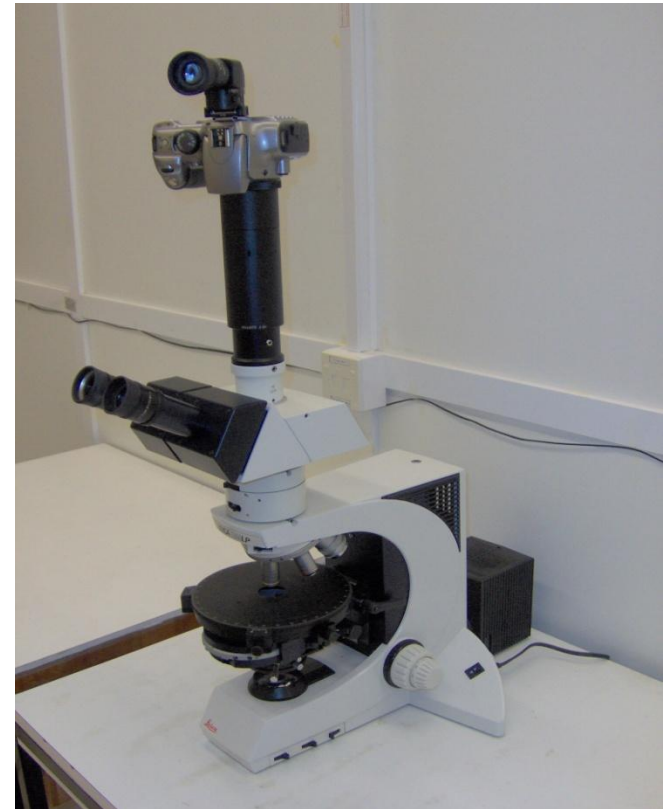
**ΟΠΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΣ
(ΠΟΛΩΤΙΚΟ-ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΟ)
& ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΣ (ΜΕΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΟ)**

LEITZ,
1930

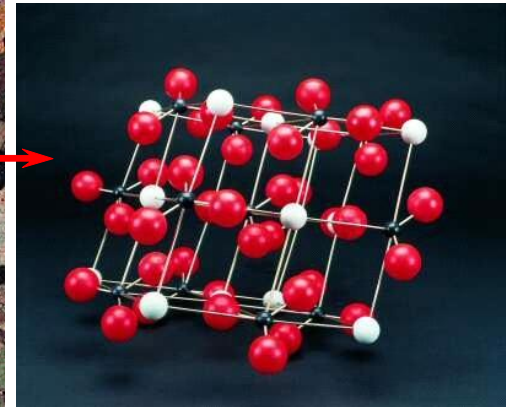
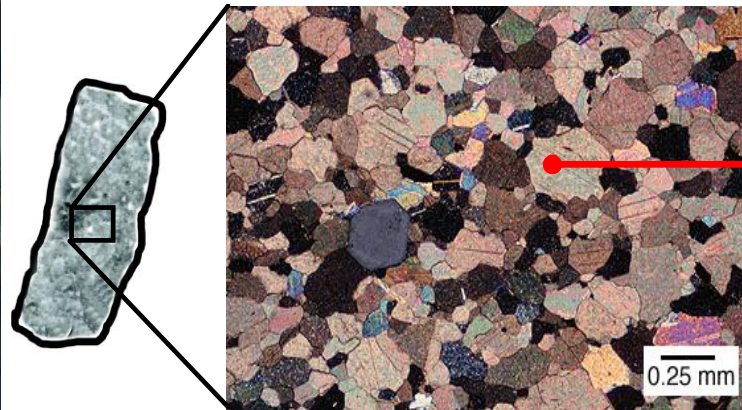
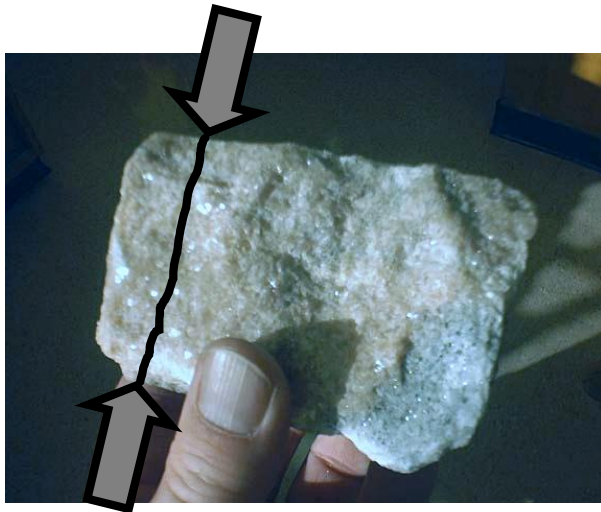
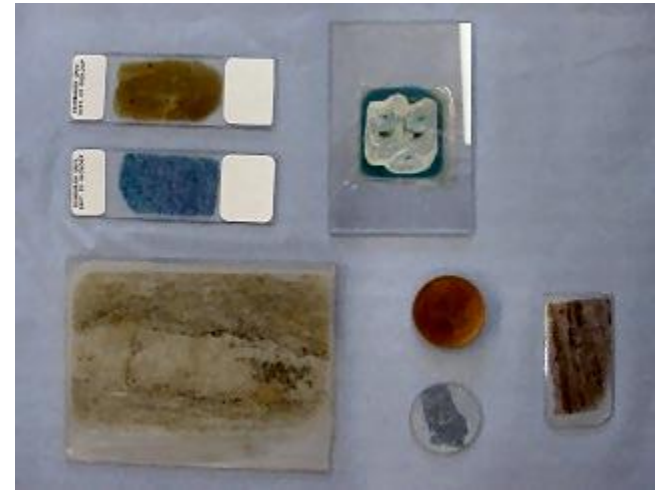
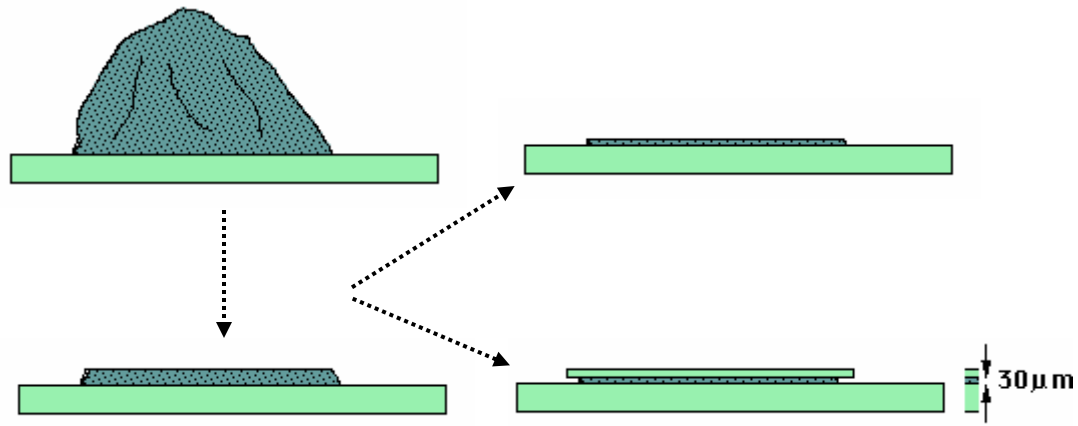


Stativ AM

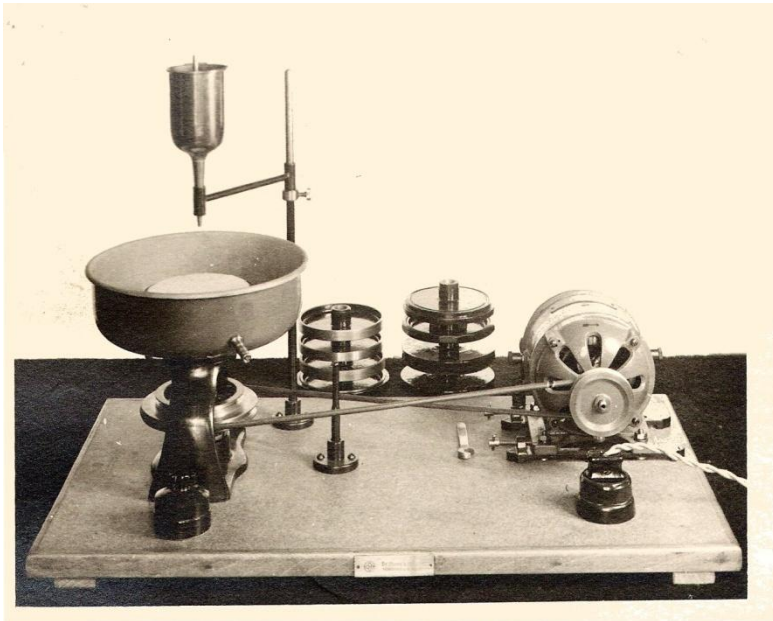
LEICA,
σύγχρονο



ΟΠΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ



**ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ
ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ**



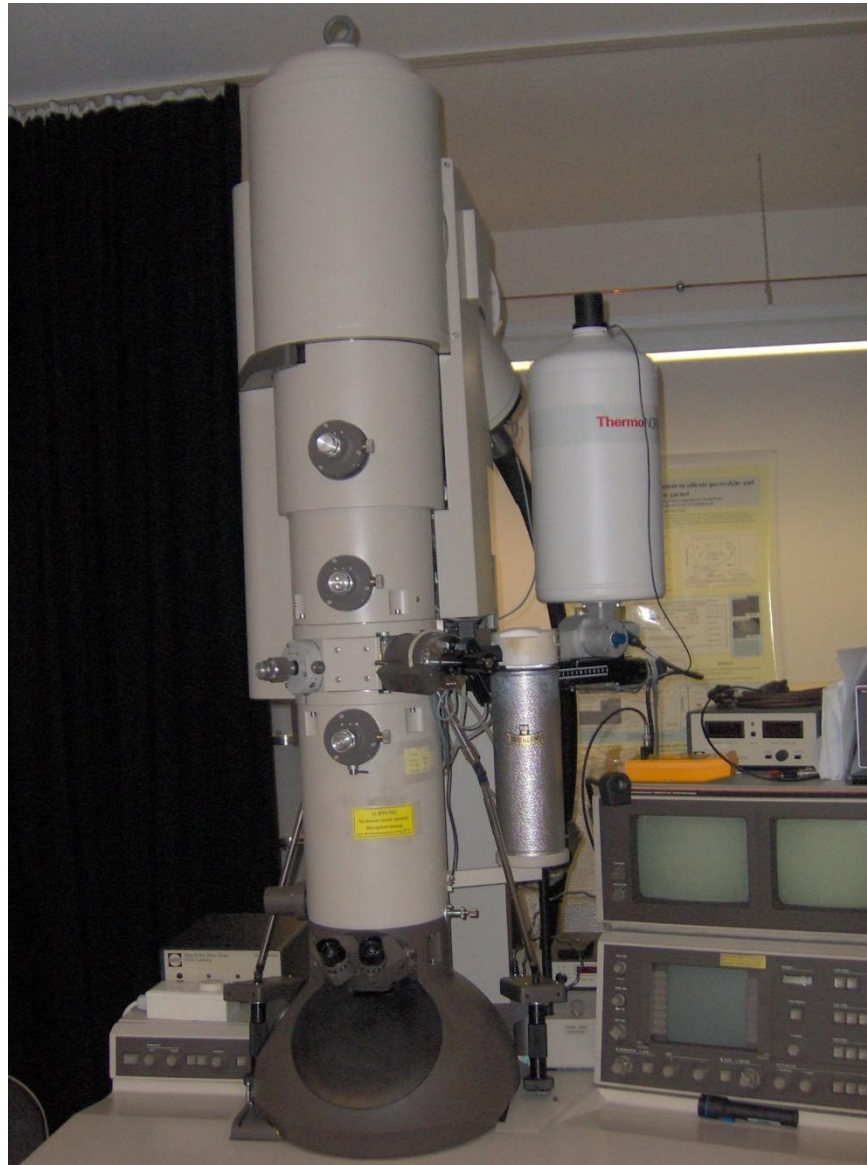
Διάταξη προετοιμασίας
παρασκευμάτων,
STEEG & REUTER, 1924



STRUERS, σύγχρονο

ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΟΡΥΚΤΩΝ & ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ (nm/Å-κλίμακα)

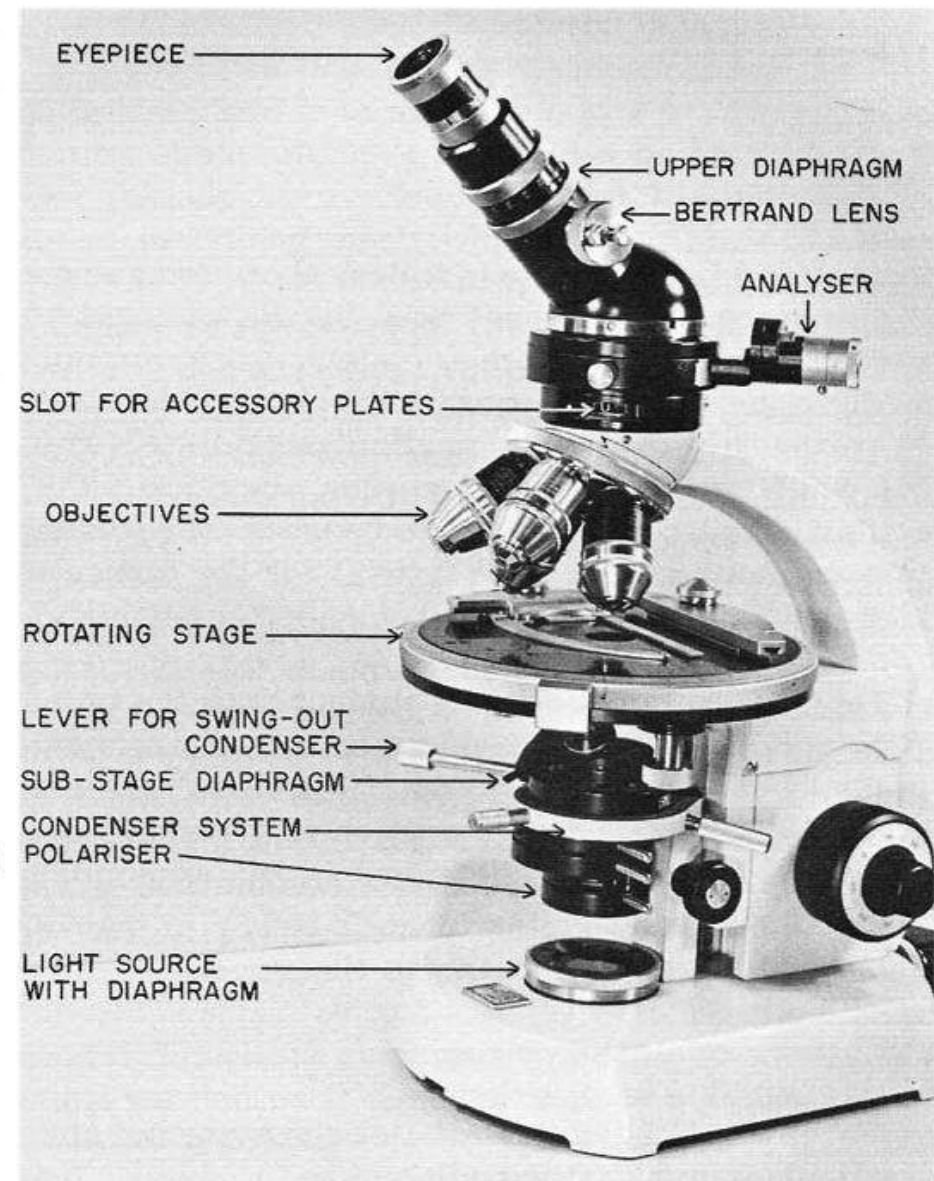
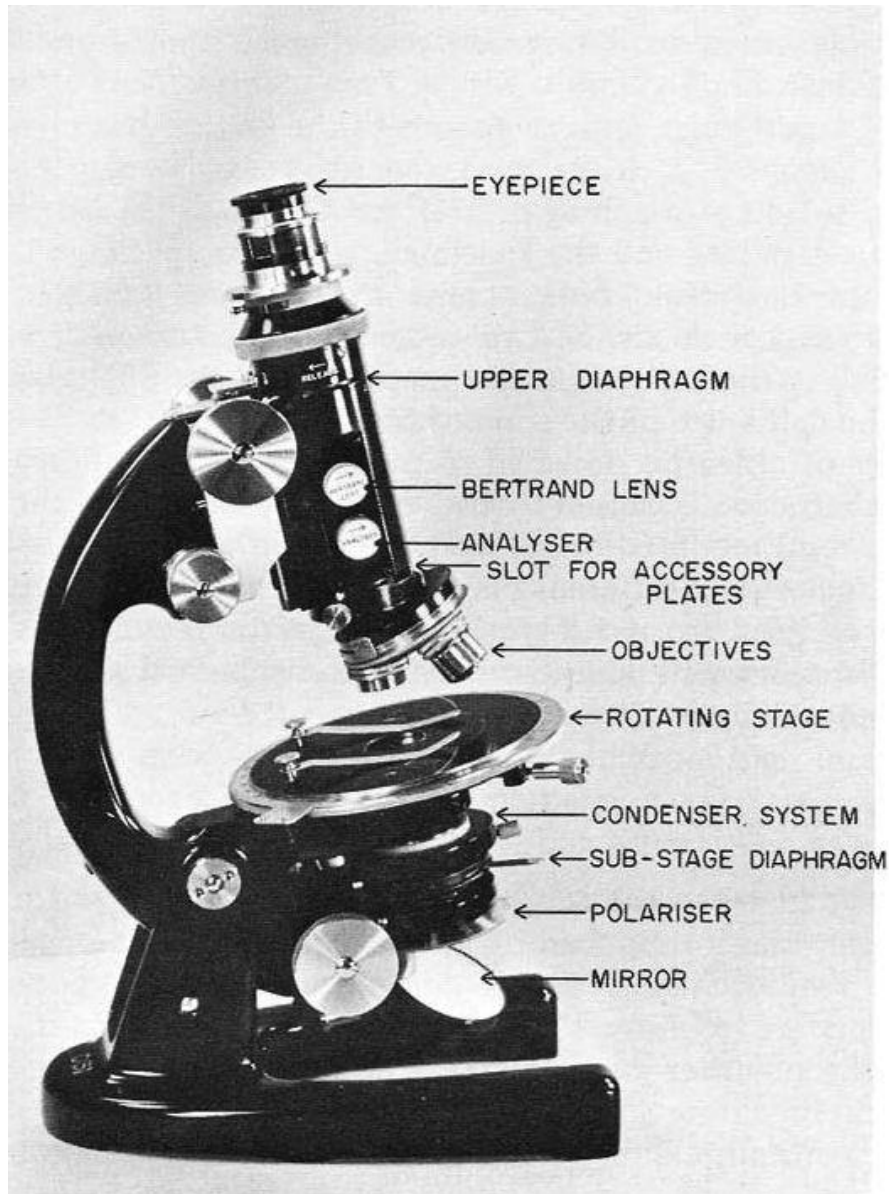
**ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ
(TEM)**



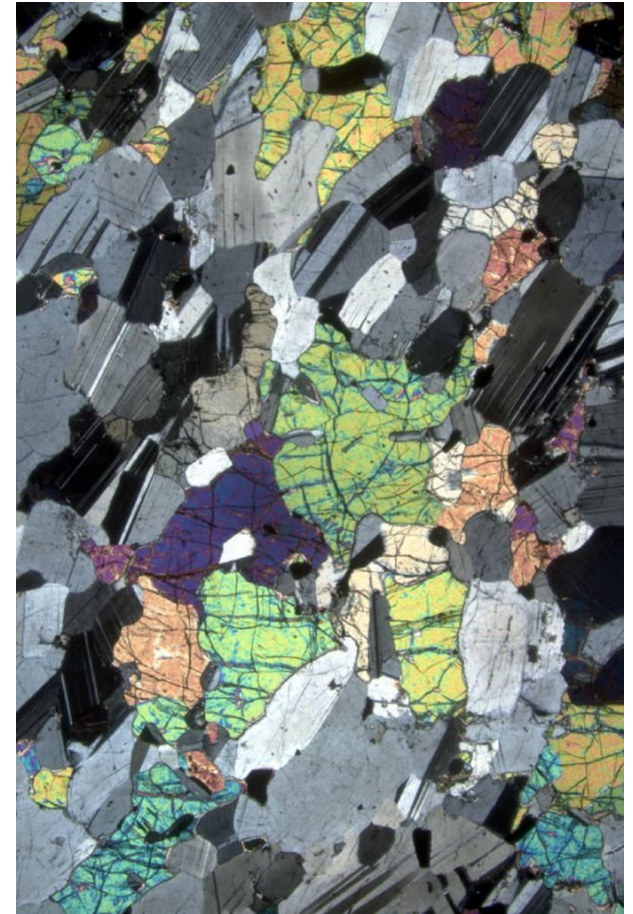
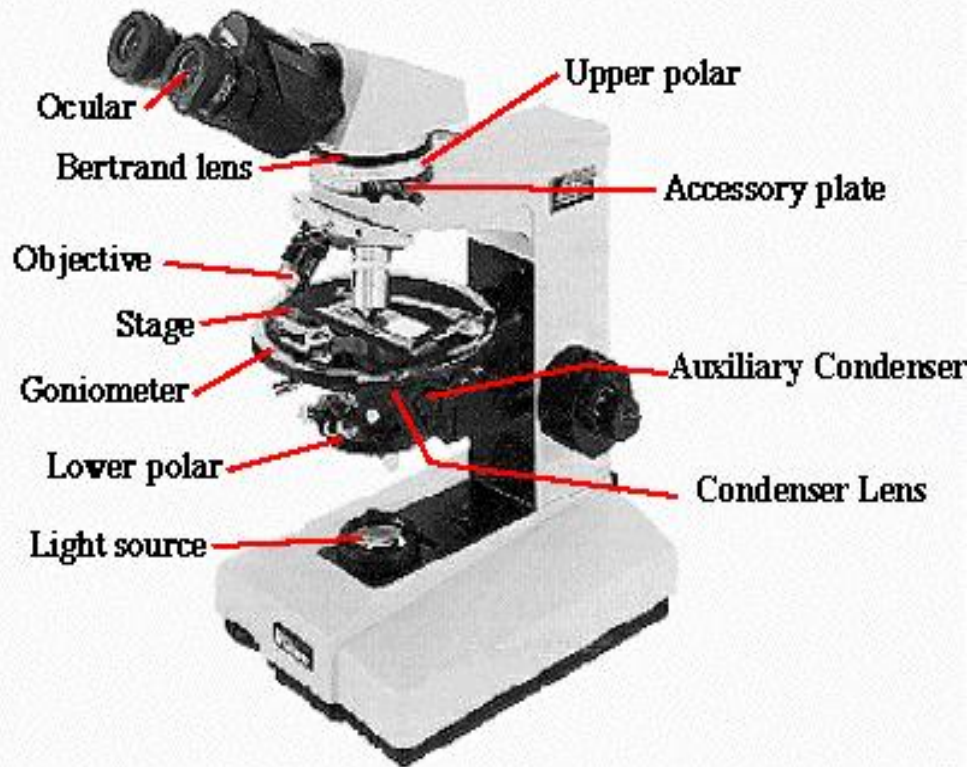
**ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
ΑΤΟΜΙΚΗΣ
ΔΥΝΑΜΗΣ (AFM)**



ΟΠΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΣ (ΠΟΛΩΤΙΚΟ-ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΟ)



Petrographic Microscope





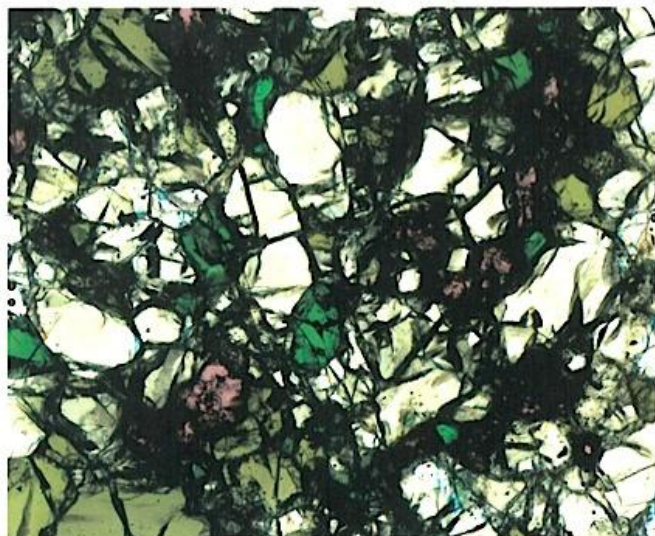
REVIEWS in
MINERALOGY &
GEOCHEMISTRY
Volume 62



WATER IN NOMINALLY ANHYDROUS MINERALS

EDITORS

Hans Keppler and Joseph R. Smyth



GEOCHEMICAL SOCIETY
MINERALOGICAL SOCIETY OF AMERICA

Series Editor: Jodi J. Rosso



nature
geoscience

MAY 2014 VOL 7 NO 5
www.nature.com/naturegeoscience

BIOCHAR BENEFITS
Not so straightforward

MARTIAN ATMOSPHERE
Thin when ancient water flowed

ANCIENT CARBON RELEASE
Pumped to the deep ocean

**Subduction fluids
and the deep carbon cycle**