



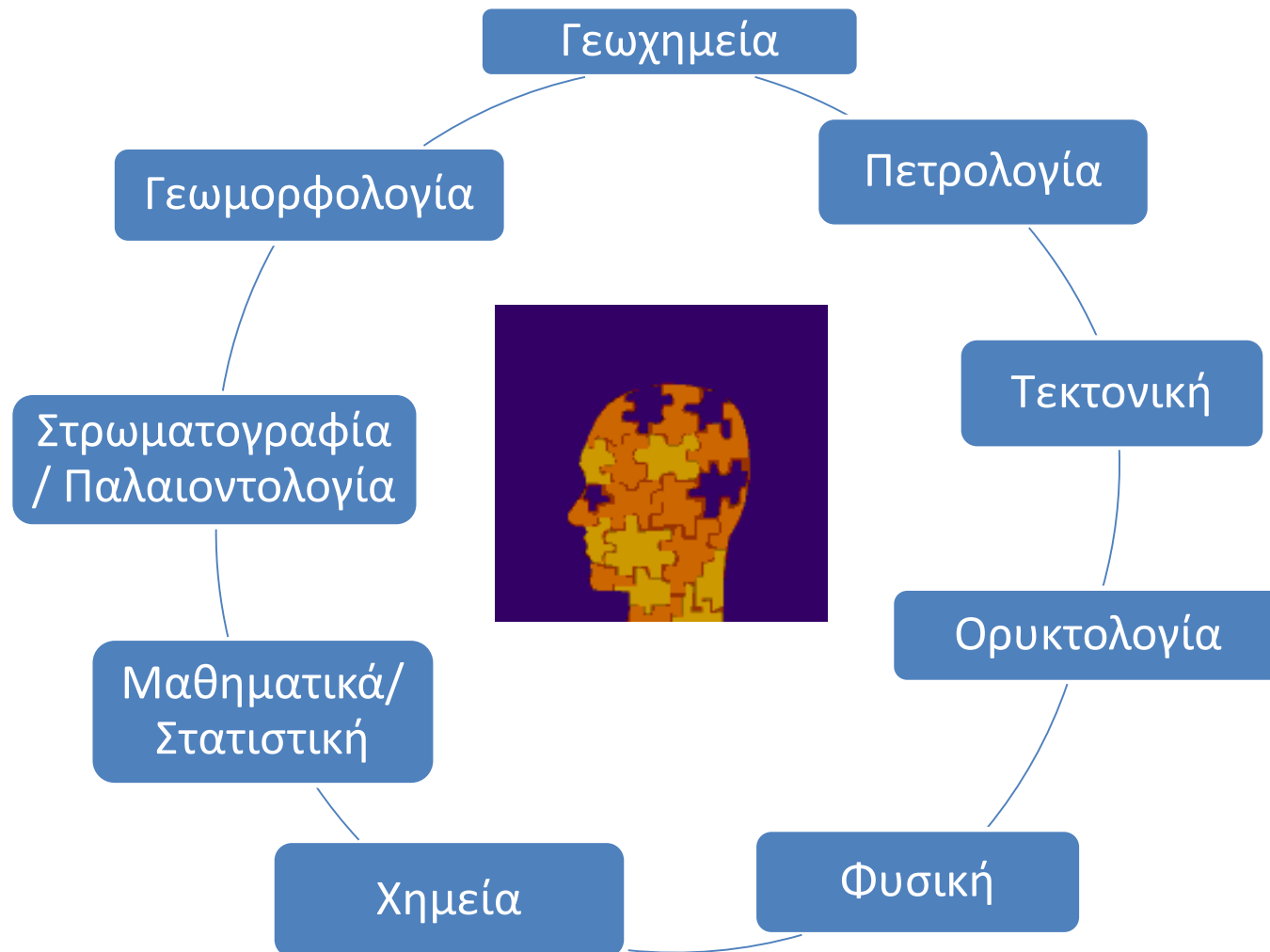
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Γεωχημεία

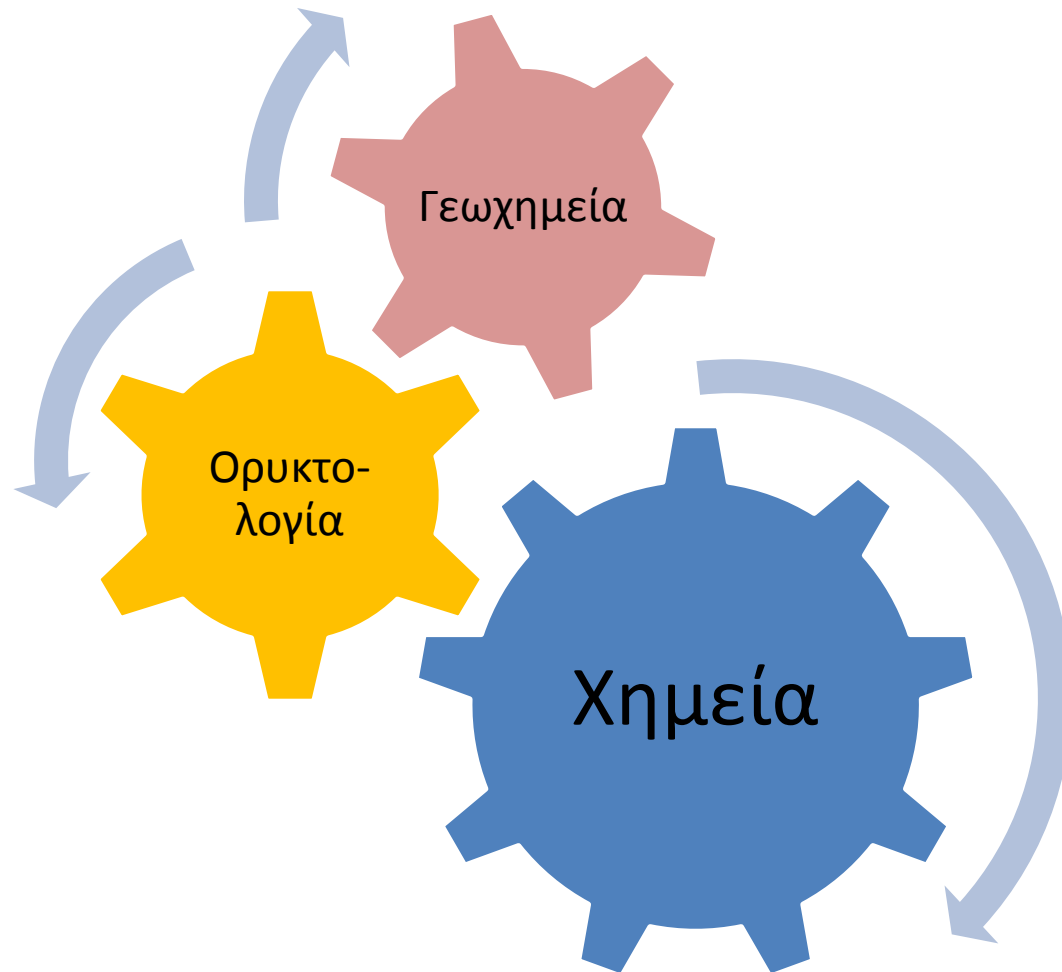
Εισαγωγή: Εισαγωγή, Περιεχόμενα Μαθήματος

Αριάδνη Αργυράκη, Χριστίνα Στουραϊτη  
Σχολή Θετικών Επιστημών  
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

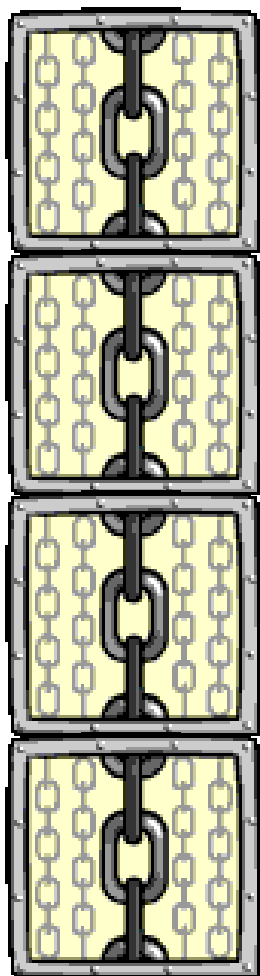
# Γεωχημεία στο Πρόγραμμα Σπουδών σας



# Προαπαιτούμενες γνώσεις για το μάθημα Γεωχημείας



# Αλληλουχία γνώσεων

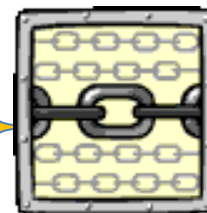


Χημεία (Α' Εξάμηνο)

Ορυκτολογία  
(Α' Εξάμηνο)

**Γεωχημεία  
(Δ' Εξάμηνο)**

Κοιτασματολογία  
(Ε' Εξάμηνο)



Μαθήματα  
Επιλογής  
(Πετρολογίας,  
Γεωχημείας,  
Κοιτασματολογίας)



# Σκοπός & Στόχοι του μαθήματος

- **Σκοπός:** Να αποκτήσουν οι φοιτητές γνώσεις και ικανότητες εφαρμογής των αρχών της χημείας για την κατανόηση και ερμηνεία γεωλογικών διεργασιών.
- **Στόχοι:**
  - Εξοικείωση με θέματα που εξετάζει η γεωχημεία.
  - Κατανόηση βασικών εννοιών που θα επιτρέπει την παρακολούθηση πιο εξειδικευμένων γεωλογικών αντικειμένων (π.χ. γένεση κοιτασμάτων, περιβαλλοντική γεωχημεία).
  - Εξάσκηση στη χρήση υπολογιστικών μεθόδων για την επίλυση γεωχημικών προβλημάτων.
  - Εξοικείωση με τους χειρισμούς εργαστηριακών δειγμάτων στο χημείο.



# ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑΣ

## Δ' ΕΞΑΜΗΝΟ–ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2013-14

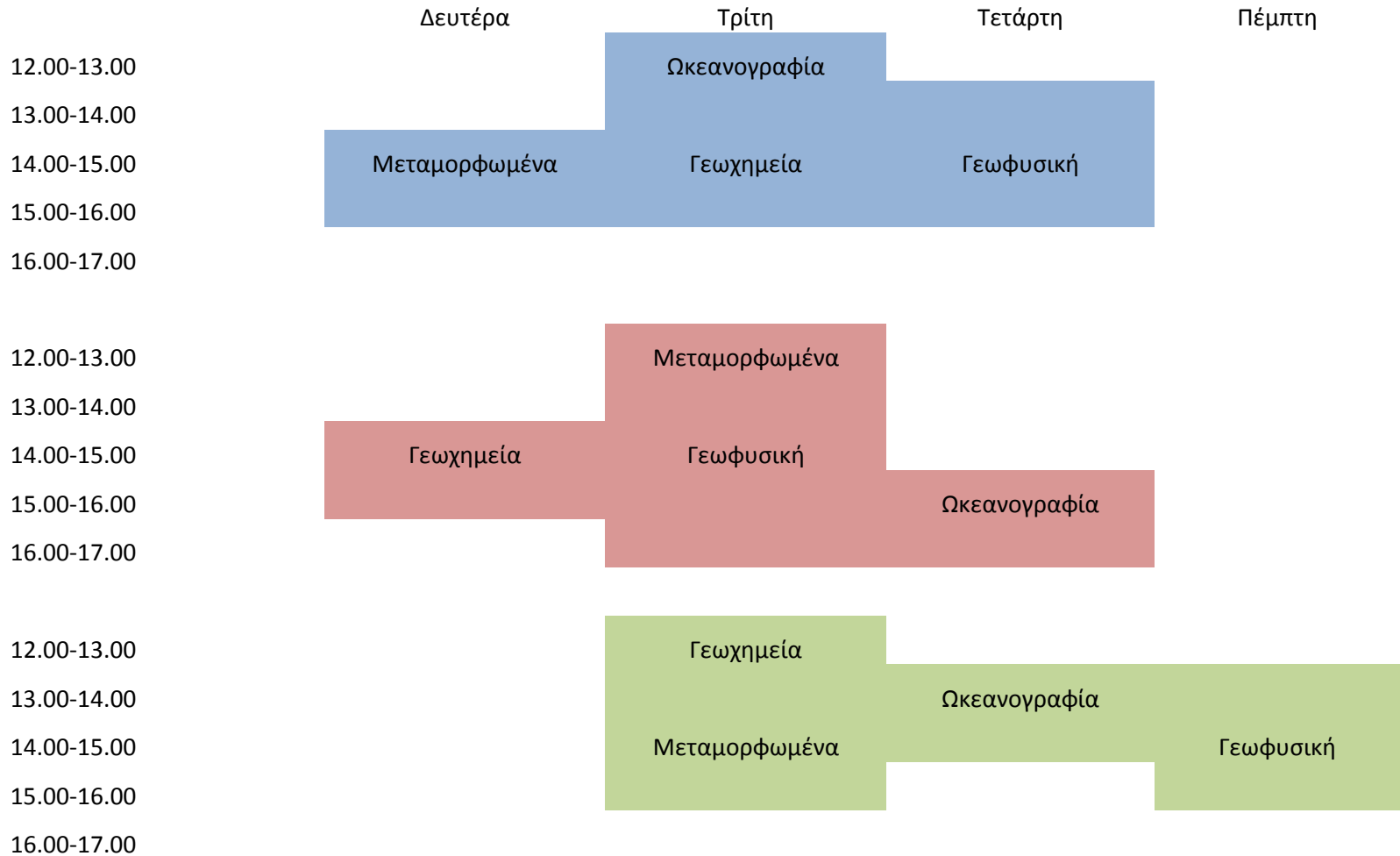
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΗΜ/ΝΙΑ	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ	ΔΙΔΑΣΚΟΥΣΑ
1 <sup>η</sup>	Δευ 5/5/ 14	Εισαγωγή- Επεξηγήσεις, κανονισμοί και τρόπος αξιολόγησης. Η γεωχημεία στο πρόγραμμα σπουδών. Αντικείμενο της Γεωχημείας. Περιεχόμενα μαθήματος.	A. Αργυράκη X. Στουραϊτη
	Παρ 9/ 5/14	Δομή του ατόμου. Χημικά στοιχεία & γεωχημική θεώρηση του περιοδικού πίνακα των στοιχείων. Ταξινόμηση στοιχείων κατά Goldschmidt	X. Στουραϊτη
2 <sup>η</sup>	Δευ 12/5/14	Στοιχεία κρυσταλλοχημείας. Είδη δεσμών. Ιοντικές υποκαταστάσεις. Συντελεστής κατανομής δευτερευόντων στοιχείων & ιχνοστοιχείων.	X. Στουραϊτη
	Παρ 16/5/14	Στοιχεία Κοσμοχημείας. Χαρακτηριστικά μετεωριτών	X. Στουραϊτη
3 <sup>η</sup>	Δευ 19/5/14	Γεωχημικές διεργασίες στο εσωτερικό της γης. Γεωχημεία μαγμάτων και γεωτεκτονικό καθεστώς.	X. Στουραϊτη
	Παρ 23/5/14	Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική. 1 <sup>ος</sup> & 2 <sup>ος</sup> Νόμος Θερμοδυναμικής	X. Στουραϊτη
4 <sup>η</sup>	Δευ 26/5/14*	Εφαρμογή των νόμων της θερμοδυναμικής σε γεωχημικές διεργασίες βάθους I. (ΑΡΓΙΑ ΕΚΛΟΓΕΣ?) *	
	Παρ 30/5/14	Εφαρμογή των νόμων της θερμοδυναμικής σε γεωχημικές διεργασίες βάθους II.	X. Στουραϊτη
5 <sup>η</sup>	Δευ 2/6/14	Γεωχημεία ισοτόπων. Θεωρία των ισοτόπων. Μέθοδοι ραδιοχρονολόγησης. Συστήματα Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb.	X. Στουραϊτη
	Παρ 6/6/14	Σταθερά ισότοπα (H, O, C, N, S). Θεωρία & εφαρμογές στη γεωλογία	X. Στουραϊτη
6 <sup>η</sup>	Δευ 9/6/14	ΑΡΓΙΑ ΑΓ. ΠΝΕΥΜΑΤΟΣ	
	Παρ 13/6/14	Εφαρμογές της γεωχημείας των ιχνοστοιχείων και ισοτόπων στη μελέτη γεωχημικών διεργασιών. Σύνοψη διεργασιών βάθους.	X. Στουραϊτη



ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΗΜ/ΝΙΑ	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ	ΔΙΔΑΣΚΟΥΣΑ
7 <sup>η</sup>	Δευ 16/6/14	1 <sup>η</sup> ΠΡΟΟΔΟΣ	Χ. Στουραϊτή
7 <sup>η</sup>	Παρ 20/6/14	Διεργασίες χημικής αποσάθρωσης- Παράγοντες, χημικές αντιδράσεις, προϊόντα	Α. Αργυράκη
8 <sup>η</sup>	Δευ 23/6/14	Διεργασίες στην 'κρίσιμη ζώνη'- Γεωχημεία εδαφών	Α. Αργυράκη (Σ. Κελεπερτζής)
	Παρ 27/6/14	Γεωχημικές διεργασίες κατά τη διαγένεση	Α. Αργυράκη (Ε. Σταθοπούλου)
9 <sup>η</sup>	Δευ 30/6/14	Γεωχημεία υδατικών διαλυμάτων- Χημική σύσταση φυσικών υδάτων	Α. Αργυράκη
	Παρ 4/7/14	Οξειδοαναγωγικές γεωχημικές διεργασίες	Α. Αργυράκη
10 <sup>η</sup>	Δευ 7/7/14	Θαλάσσια Γεωχημεία- Γεωχημεία ιζημάτων	Α. Αργυράκη
	Παρ 11/7/14	Στοιχεία οργανικής γεωχημείας- Γεωχημεία Ορυκτών Καυσίμων	Α. Αργυράκη
11 <sup>η</sup>	Δευ 14/7/14	Γεωχημεία υδροθερμικών διαλυμάτων	Α. Αργυράκη
	Παρ 18/7/14	Σύνοψη διεργασιών κοντά στην επιφάνεια	Α. Αργυράκη
12 <sup>η</sup>	Δευ 21/7/14	2 <sup>η</sup> ΠΡΟΟΔΟΣ	Α. Αργυράκη
	Παρ 25/7/14	Προετοιμασία για την άσκηση υπαίθρου	Α. Αργυράκη Χ. Στουραϊτή
13 <sup>η</sup>		ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	Α. Αργυράκη Χ. Στουραϊτή



# Ωρολόγιο πρόγραμμα εργαστηρίων





# Διδακτικό προσωπικό

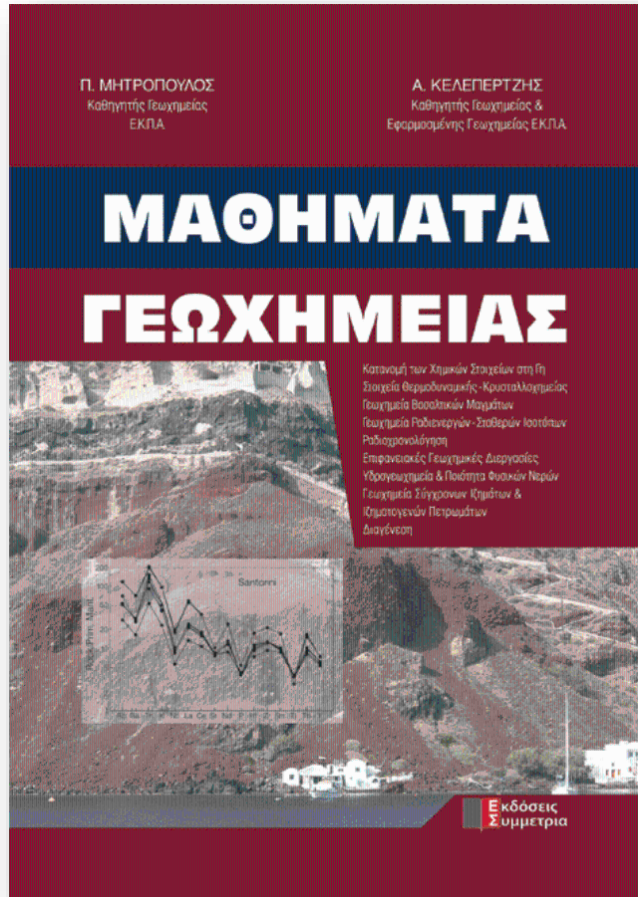
Διδάσκουσες:

1. Αριάδνη Αργυράκη, Επικ. Καθηγ. – Υπεύθυνη Μαθήματος
2. Χριστίνα Στουραϊτη, Επικ. Καθηγ.

- Επικουρικό προσωπικό:
  - Δρ. Ευστράτιος Κελεπερτζής (ΙΔΑΧ)
  - Δρ. Χάρης Βασιλάτος (ΙΔΑΧ)



# Συγγράμματα



+

Υλικό στη  
σελίδα του  
μαθήματος στο  
eclass →  
<Βιβλιογραφία>



# Αξιολόγηση –τρόπος εξέτασης

## □ Νέο πρόγραμμα

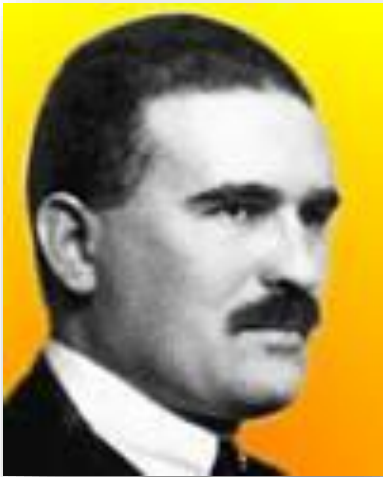
□ 1 <sup>η</sup> Πρόοδος	20%
□ 2 <sup>η</sup> Πρόοδος	20%
□ Εργαστηριακές Ασκήσεις & Άσκηση υπαίθρου	30%
□ Τελική εξέταση	30%
Σύνολο	100%

## □ Παλαιό πρόγραμμα

□ 1 <sup>η</sup> Πρόοδος	25%
□ 2 <sup>η</sup> Πρόοδος	25%
□ Εργαστηριακές Ασκήσεις	-
□ Τελική εξέταση	50%
Σύνολο	100%



# Σύγχρονη Γεωχημεία- Αντικείμενο



1

Victor Moritz Goldschmidt  
(1888-1947)

- Μελέτη των συγκεντρώσεων και της κατανομής των χημικών στοιχείων στα ορυκτά, πετρώματα, μεταλλεύματα, εδάφη, νερό, ατμόσφαιρα.
- Μελέτη των νόμων που καθορίζουν την κατανομή αυτή- μελέτη και ερμηνεία των γεωχημικών κύκλων.

*(Goldschmidt, 1954)*



# Περιοδικός Πίνακας- Γεωχημική Θεώρηση

V · T · E																			
Goldschmidt classification in the periodic table																			
Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
↓ Period																			
1	1 H																2 He		
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
7	87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo	
* Lanthanides			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
** Actinides			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

**Legend:**  Lithophile  Siderophile  Chalcophile  Atmosphile  Synthetic

2



# Γεωχημεία-Ερευνητική δραστηριότητα στο Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

- Διερεύνηση της χρήσης Ορυκτών Πρώτων Υλών σε συμβατικές και καινοτόμες εφαρμογές.
- Διερεύνηση της χρήσης παραπροϊόντων επεξεργασίας ΟΠΥ σε συμβατικές βιομηχανικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές, δημιουργία καινοτόμων υλικών.
- Δειγματοληψία και ανάλυση δειγμάτων νερού, εδάφους, ιζημάτων, πετρωμάτων, μεταλλευμάτων και φυτών, γεωχημική χαρτογράφηση.
- Γεωχημικές έρευνες εντοπισμού ΟΠΥ.
- Γεωχημικές έρευνες για τη μελέτη της γένεσης πετρολογικών σχηματισμών.
- Διερεύνηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εκμετάλλευση ΟΠΥ και ανάπτυξη μεθόδων αντιμετώπισής τους.
- Μετρήσεις στα πλαίσια αρχαιομετρικών ερευνών.

Δείτε επίσης την ιστοσελίδα του Εργαστηρίου Οικον. Γεωλ. Και Γεωχημείας  
<http://geochem.geol.uoa.gr>



# Περιβαλλοντική Γεωχημεία – Εργασίες υπαίθρου



3



4



6



5



7



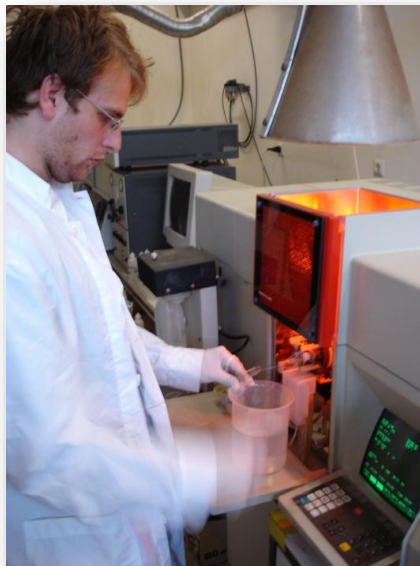
# Εργαστηριακοί χειρισμοί- πειραματικές διατάξεις και χημικές αναλύσεις



8



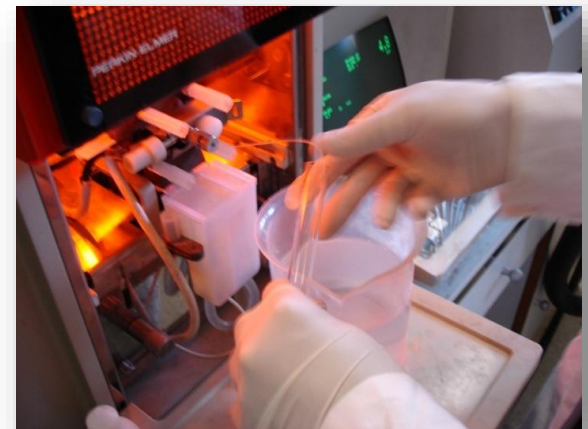
9



11



10

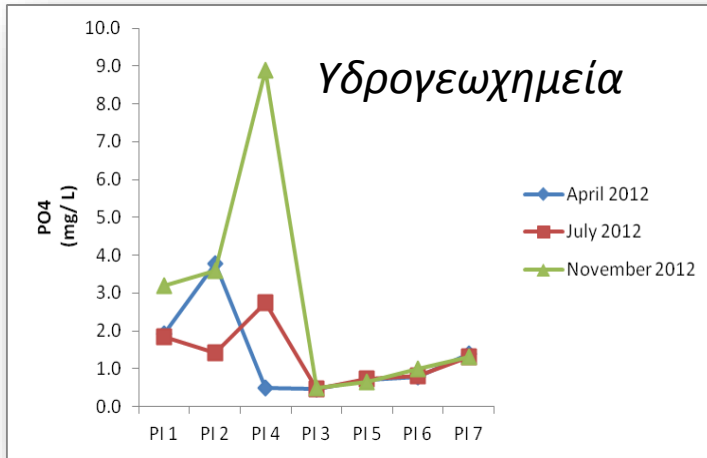


12

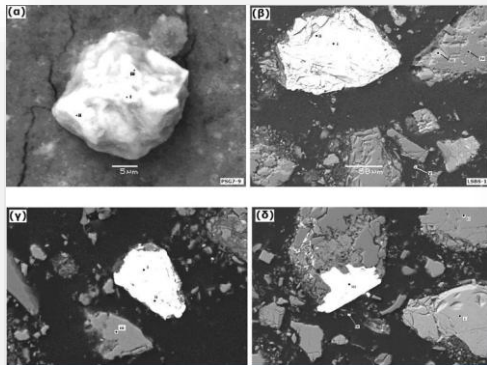




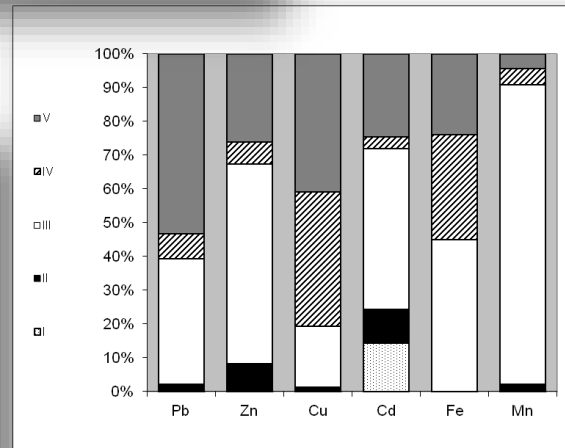
# Ερμηνεία- Παρουσίαση αποτελεσμάτων



13

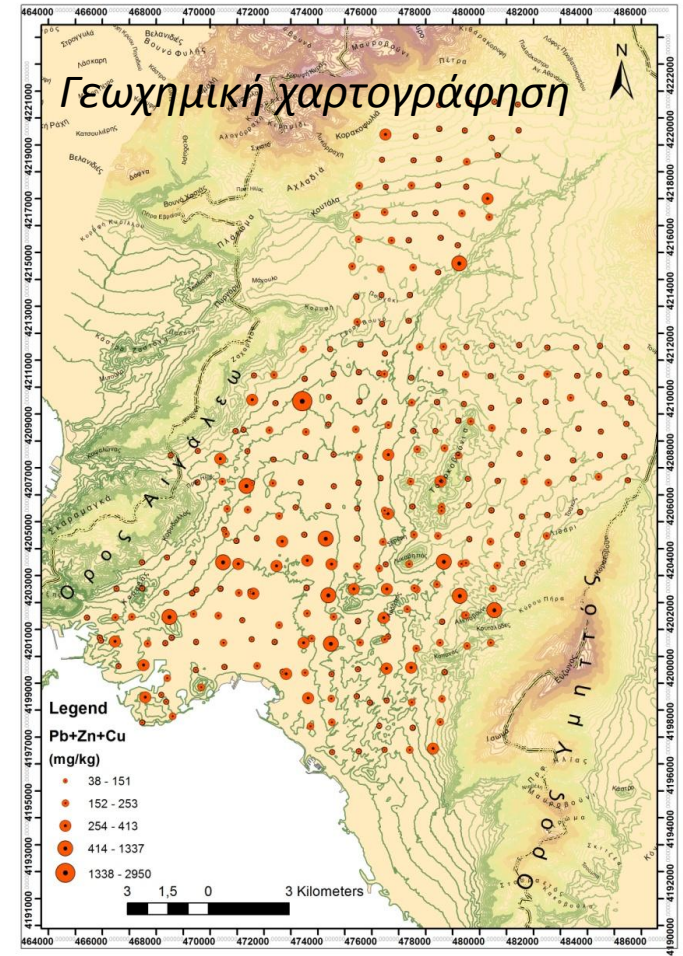


14



Χαρακτηρισμός ρύπανσης

15



16

# Διεργασίες βάθους

## Περιεχόμενα

Δομή του ατόμου → ιδιότητες χημικών στοιχείων →  
ορυκτά (είδη δεσμών – υποκαταστάσεις –  
θερμοδυναμική σταθερότητα ) → σχηματισμός  
μαγμάτων, μαγματικές σειρές & τεκτονικό περιβάλλον



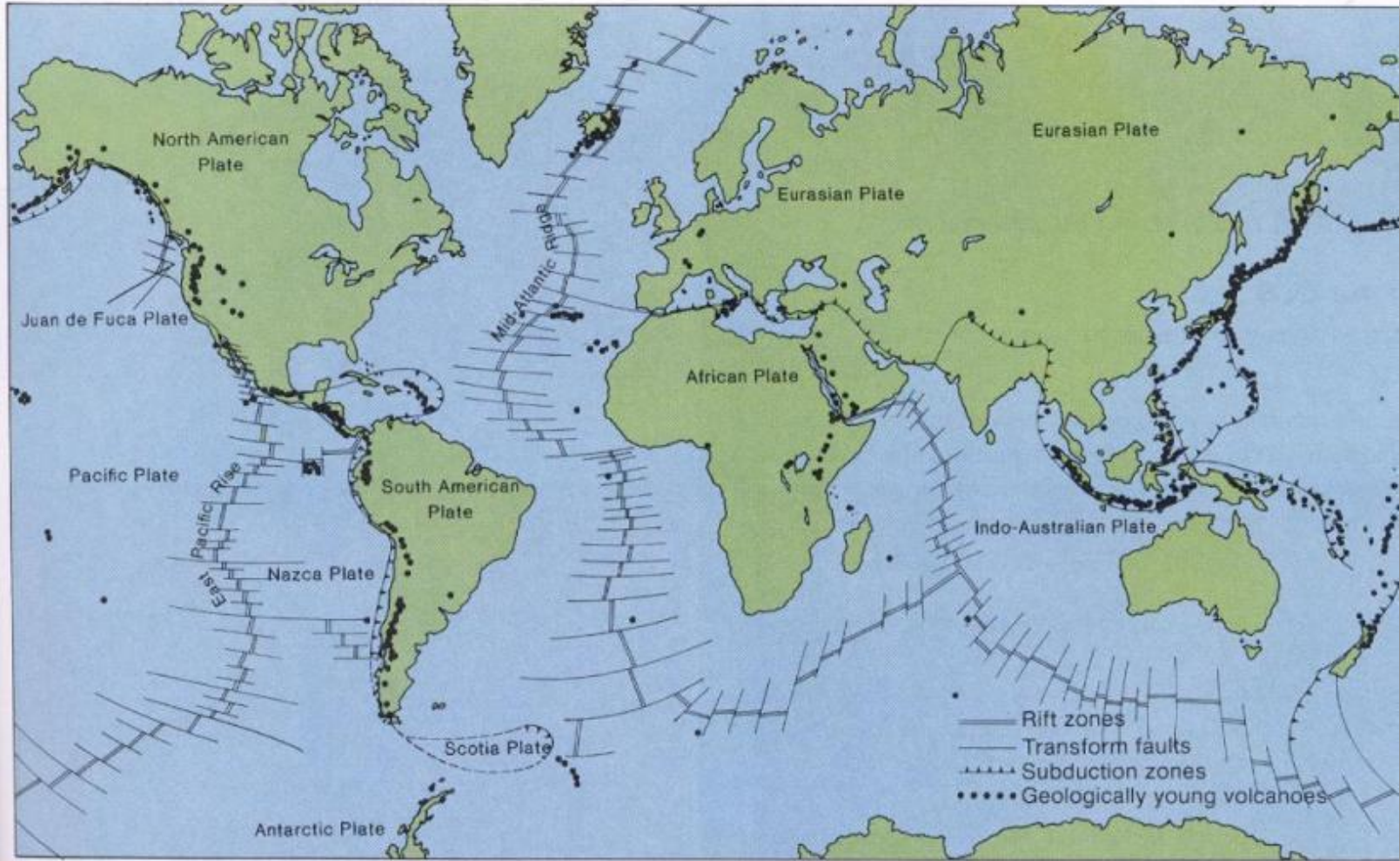
# Διεργασίες βάθους

## Θεωρία

- **Στοιχεία Χημείας:** δομή του ατόμου, ιδιότητες στοιχείων & περιοδικός πίνακας
- **Στοιχεία κρυσταλλοχημείας:** είδη δεσμών, σταθερότητα ορυκτών
- **Γεωχημεία κυρίων στοιχείων & ιχνοστοιχείων** – μαγματικές διεργασίες
- **Γεωχημεία ισοτόπων:**
  - γεωχρονολόγηση,
  - ραδιενεργά ισότοπα – μαγματικές διεργασίες
  - σταθερά ισότοπα – μαγματικές & υδροθερμικές διεργασίες
- **Χημική θερμοδυναμική**
- **Παραδείγματα & Εφαρμογές** της γεωχημείας ιχνοστοιχείων & ισοτόπων: στην γένεση μαγματικών πετρωμάτων, προσδιορισμό γεωτεκτονικού περιβάλλοντος, γεωχρονολόγηση πετρωμάτων, περιβαλλοντικά προβλήματα



# Γεωχημεία και Τεκτονική Λιθοσφαιρικών Πλακών

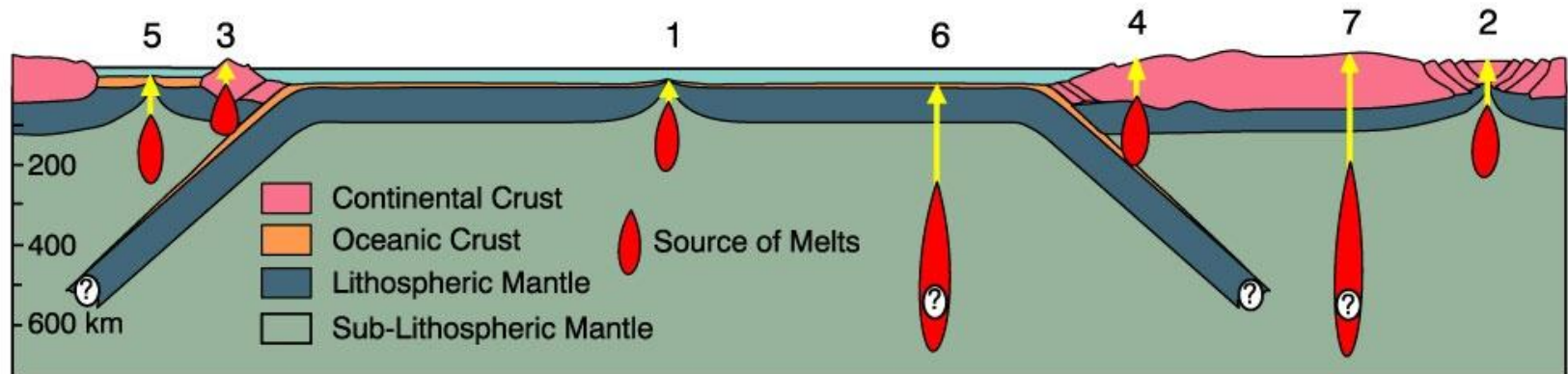


# Τεκτονική των πλακών – περιβάλλοντα δημιουργίας μαγμάτων

1. Mid-ocean Ridges
2. Intracontinental Rifts
3. Island Arcs
4. Active Continental Margins

5. Back-arc Basins
6. Ocean Island Basalts
7. Miscellaneous Intra-Continental Activity

◆ kimberlites, carbonatites, anorthosites...



18

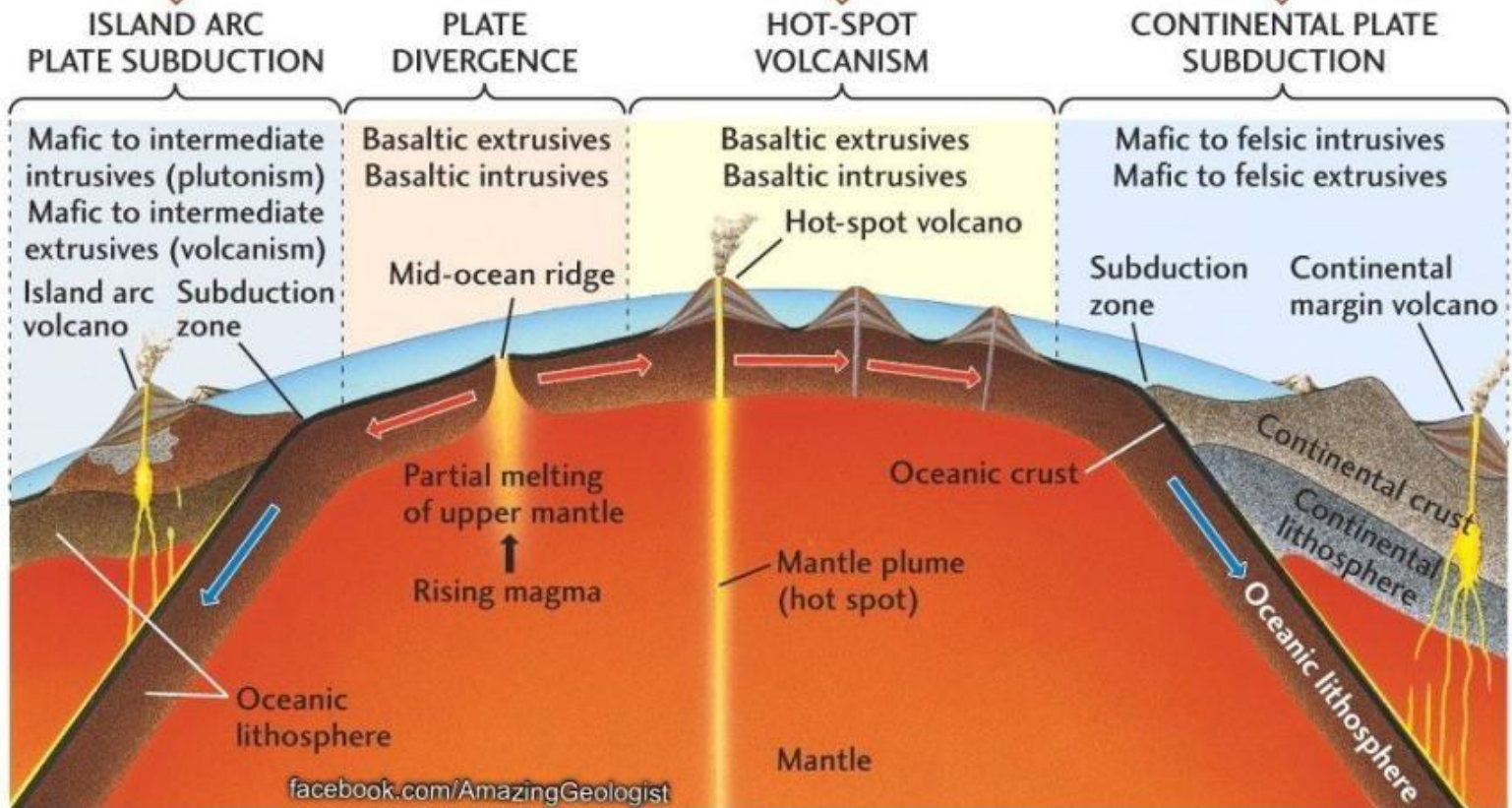
Island arc volcanoes,  
Java, Indonesia



Hot-spot volcano,  
Volcanoes National Park, Hawaii



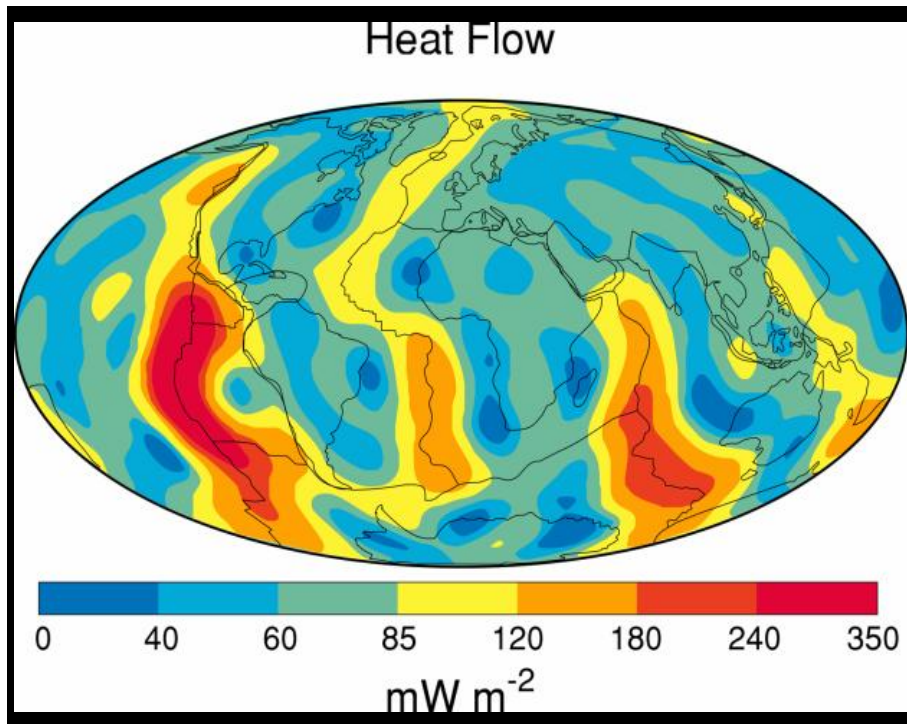
Continental margin volcano,  
Mt. Ranier, Washington



facebook.com/AmazingGeologist



# Η γεωθερμική βαθμίδα

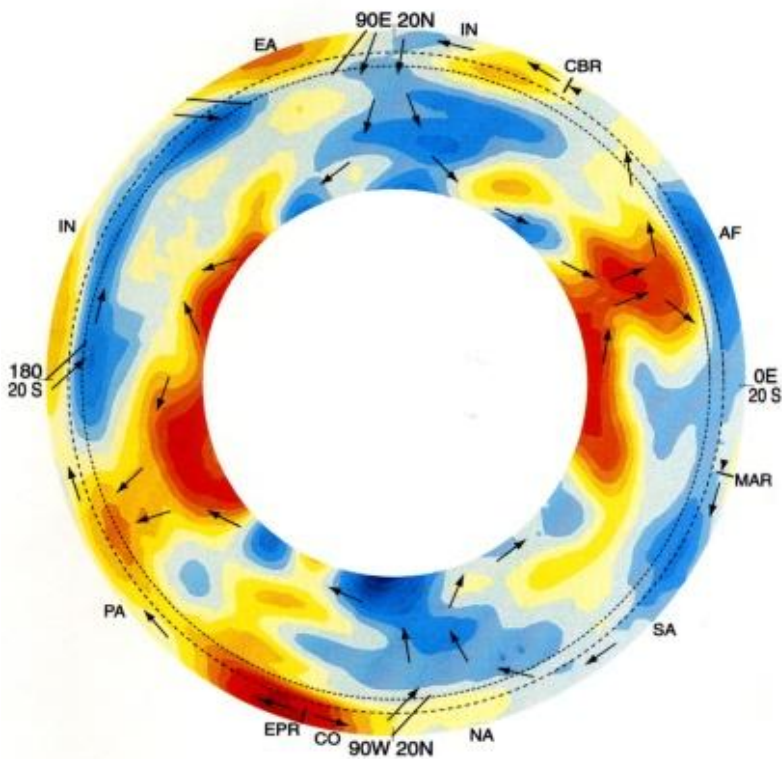


Pattern of global heat flux variations compiled from observations at over 20,000 sites and modeled on a spherical harmonic expansion to degree 12. From Pollack, Hurter and Johnson. (1993) Rev. Geophys. 31, 267-280.

20



# Η γεωθερμική βαθμίδα



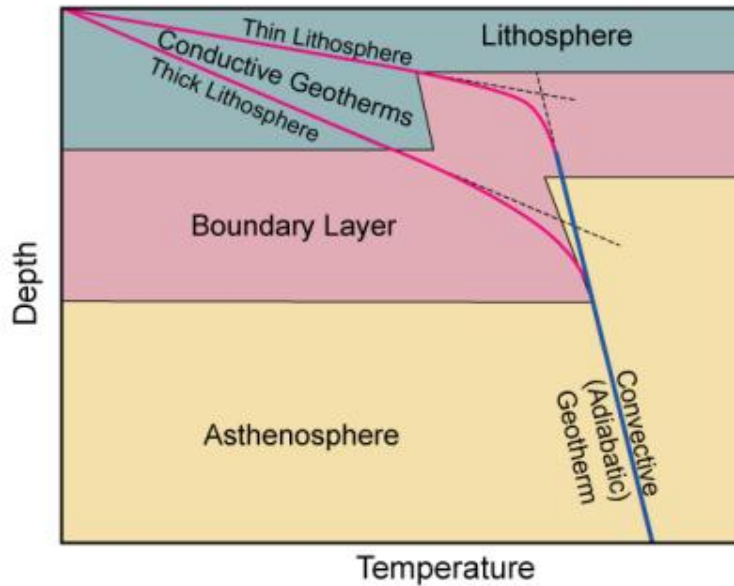
21

Cross-section of the mantle based on a seismic tomography model. Arrows represent plate motions and large-scale mantle flow and subduction zones represented by dipping line segments. EPR = East Pacific Rise, MAR = Mid-Atlantic Ridge, CBR = Carlsberg Ridge. Plates: EA = Eurasian, IN = Indian, PA = Pacific, NA = North American, SA = South American, AF = African, CO = Cocos. From Li and Romanowicz (1996). *J. Geophys. Research*, 101, 22,245-72.



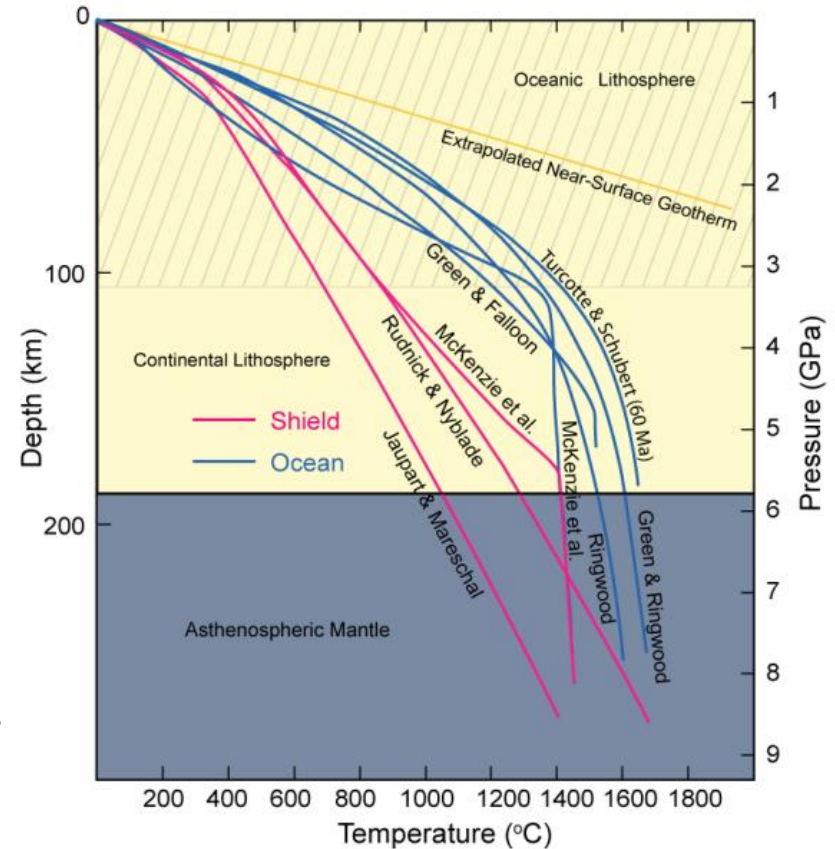


# Η γεωθερμική βαθμίδα



22

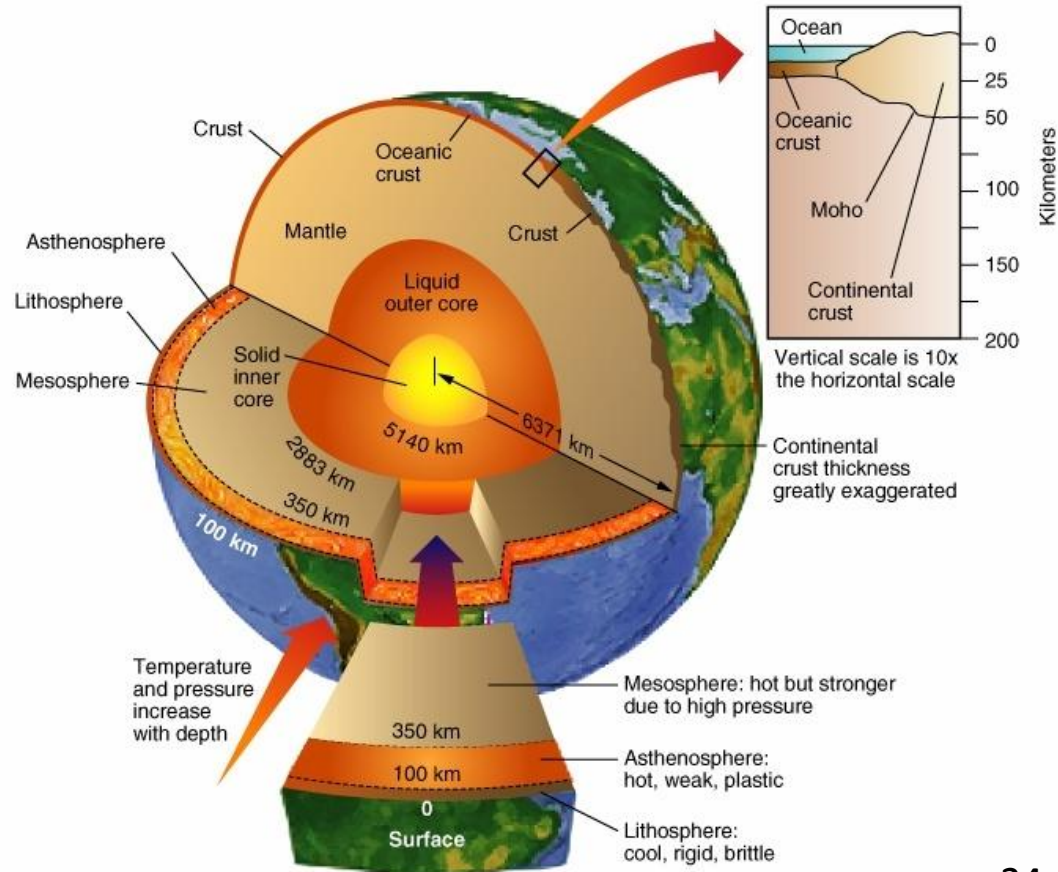
**Figure 1-11.** Winter, from Green and Falloon ((1998), Green & Ringwood (1963), Jaupart and Mareschal (1999), McKenzie *et al.* (2005 and personal communication), Ringwood (1966), Rudnick and Nyblade (1999), Turcotte and Schubert (2002).



23



# Δομή της γης



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

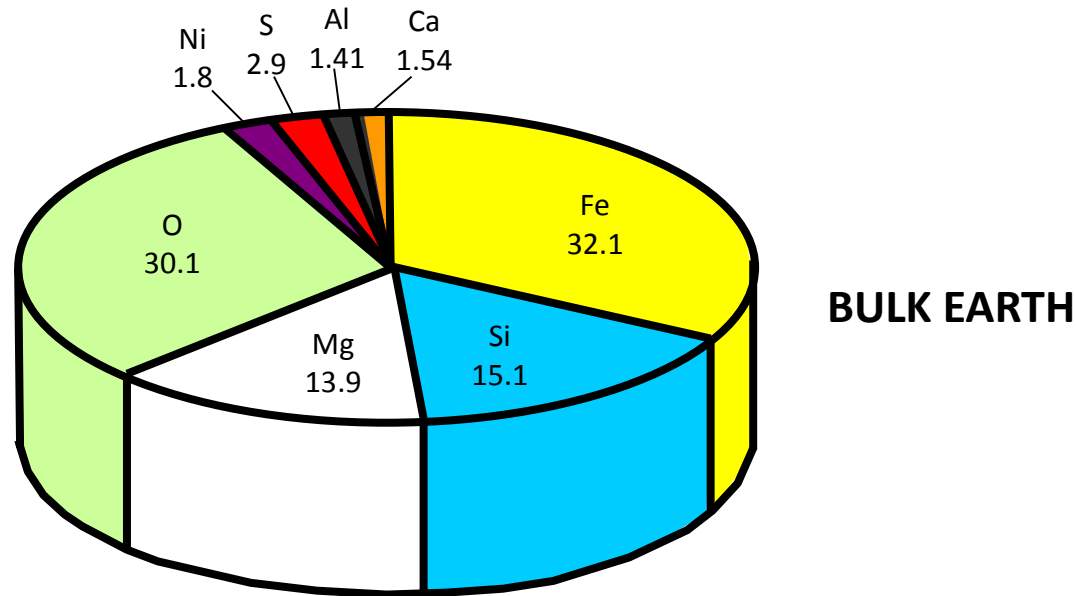
24

# Σύσταση της γης

Κύρια στοιχεία > 1 wt. %

Δευτερεύοντα στοιχεία ~0.1 to 1 wt. %

Ιχνοστοιχεία 100 ppm ή λιγότερο



**BULK EARTH**

# PERIODIC TABLE Atomic Properties of the Elements

**NIST**  
National Institute of Standards and Technology  
Technology Administration, U.S. Department of Commerce

18  
VIII A

Period

Group

IA

IIA

IIIB

IVB

VB

VIB

VIIB

VIII

IB

IIB

III A

IV A

V A

VI A

VII A

VIII A

Frequently used fundamental physical constants	
For the most accurate values of these and other constants, visit <a href="http://physics.nist.gov/constants">physics.nist.gov/constants</a>	
1 second = 9 192 631 770 periods of radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of <sup>133</sup> Cs	
speed of light in vacuum	$c$ 299 792 458 m e <sup>-1</sup> (exact)
Planck constant	$h$ 6.6261 × 10 <sup>-34</sup> J s ( $h = h/2\pi$ )
elementary charge	$e$ 1.6022 × 10 <sup>-19</sup> C
electron mass	$m_e$ 9.1094 × 10 <sup>-31</sup> kg
	$m_e c^2$ 0.5110 MeV
proton mass	$m_p$ 1.6726 × 10 <sup>-27</sup> kg
fine-structure constant	$\alpha$ 1/137.036
Rydberg constant	$R_\infty$ 10 973 732 m <sup>-1</sup>
	$R_{H\alpha}$ 3.299 842 × 10 <sup>15</sup> Hz
	$R_{H\beta}$ 13 8057 eV
Boltzmann constant	$k$ 1.3807 × 10 <sup>-23</sup> J K <sup>-1</sup>

- █ Solids
- █ Liquids
- █ Gases
- █ Artificially Prepared

Physics Laboratory  
[physics.nist.gov](http://physics.nist.gov)

Standard Reference Data Group  
[www.nist.gov/srd](http://www.nist.gov/srd)

1 <sup>1</sup> H Hydrogen 1.00794 1s	2 <sup>4</sup> He Helium 4.002602 1s <sup>2</sup>											13 <sup>5</sup> B Boron 10.811 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	14 <sup>6</sup> C Carbon 12.0107 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	15 <sup>7</sup> N Nitrogen 14.0067 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	16 <sup>8</sup> O Oxygen 15.9994 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	17 <sup>9</sup> F Fluorine 18.9984032 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>	18 <sup>10</sup> Ne Neon 20.1797 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>																		
2 <sup>3</sup> Li Lithium 6.941 1s <sup>2</sup> 2s <sup>1</sup>	<sup>4</sup> Be Beryllium 9.012182 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup>											<sup>13</sup> Al Aluminum 26.981538 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	<sup>14</sup> Si Silicon 28.0855 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	<sup>15</sup> P Phosphorus 30.973761 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>16</sup> S Sulfur 32.065 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	<sup>17</sup> Cl Chlorine 35.453 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	<sup>18</sup> Ar Argon 39.948 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>																		
3 <sup>11</sup> Na Sodium 22.989770 [Ne]3s <sup>1</sup>	<sup>12</sup> Mg Magnesium 24.3050 [Ne]3s <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup> Al Aluminum 26.981538 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	4 <sup>4</sup> Si Silicon 28.0855 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	5 <sup>5</sup> P Phosphorus 30.973761 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	6 <sup>6</sup> S Sulfur 32.065 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	7 <sup>7</sup> Cl Chlorine 35.453 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	8 <sup>8</sup> Ar Argon 39.948 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	9 <sup>9</sup> K Potassium 39.0983 [Ar]4s <sup>1</sup>	10 <sup>10</sup> Ca Calcium 40.078 [Ar]4s <sup>2</sup>	11 <sup>11</sup> Sc Scandium 44.955910 [Ar]3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	12 <sup>12</sup> Ti Titanium 47.867 [Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	13 <sup>13</sup> V Vanadium 50.9415 [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	14 <sup>14</sup> Cr Chromium 51.9961 [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	15 <sup>15</sup> Mn Manganese 54.938048 [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	16 <sup>16</sup> Fe Iron 55.845 [Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	17 <sup>17</sup> Co Cobalt 58.933200 [Ar]3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	18 <sup>18</sup> Ni Nickel 58.6934 [Ar]3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	19 <sup>19</sup> Cu Copper 63.546 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>	20 <sup>20</sup> Zn Zinc 65.409 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	21 <sup>21</sup> Ga Gallium 69.723 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>	22 <sup>22</sup> Ge Germanium 72.54 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>	23 <sup>23</sup> As Arsenic 74.92160 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>	24 <sup>24</sup> Se Selenium 78.96 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>	25 <sup>25</sup> Br Bromine 79.904 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>	26 <sup>26</sup> Kr Krypton 83.798 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>										
4 <sup>19</sup> K Potassium 39.0983 [Ar]4s <sup>1</sup>	<sup>20</sup> Ca Calcium 40.078 [Ar]4s <sup>2</sup>	<sup>21</sup> Sc Scandium 44.955910 [Ar]3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>22</sup> Ti Titanium 47.867 [Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>23</sup> V Vanadium 50.9415 [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>24</sup> Cr Chromium 51.9961 [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	<sup>25</sup> Mn Manganese 54.938048 [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>26</sup> Fe Iron 55.845 [Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>27</sup> Co Cobalt 58.933200 [Ar]3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>28</sup> Ni Nickel 58.6934 [Ar]3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>29</sup> Cu Copper 63.546 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>	<sup>30</sup> Zn Zinc 65.409 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>31</sup> Ga Gallium 69.723 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>	<sup>32</sup> Ge Germanium 72.54 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>	<sup>33</sup> As Arsenic 74.92160 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>	<sup>34</sup> Se Selenium 78.96 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>	<sup>35</sup> Br Bromine 79.904 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>	<sup>36</sup> Kr Krypton 83.798 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>	5 <sup>37</sup> Rb Rubidium 85.4678 [Kr]5s <sup>1</sup>	<sup>38</sup> Sr Strontium 87.62 [Kr]5s <sup>2</sup>	<sup>39</sup> Y Yttrium 88.90585 [Kr]4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>	<sup>40</sup> Zr Zirconium 91.224 [Kr]4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	<sup>41</sup> Nb Niobium 92.90638 [Kr]4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>	<sup>42</sup> Mo Molybdenum 95.94 [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	<sup>43</sup> Tc Technetium (98) [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup>	<sup>44</sup> Ru Ruthenium 101.07 [Kr]4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>	<sup>45</sup> Rh Rhodium 102.90550 [Kr]4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>	<sup>46</sup> Pd Palladium 106.42 [Kr]4d <sup>10</sup>	<sup>47</sup> Ag Silver 107.8682 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup>	<sup>48</sup> Cd Cadmium 112.411 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	<sup>49</sup> In Indium 114.818 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup>	<sup>50</sup> Sn Tin 118.710 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>	<sup>51</sup> Sb Antimony 121.760 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>	<sup>52</sup> Te Tellurium 127.60 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup>	<sup>53</sup> I Iodine 126.90447 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>	<sup>54</sup> Xe Xenon 131.293 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>
6 <sup>55</sup> Cs Cesium 132.90545 [Xe]6s <sup>1</sup>	<sup>56</sup> Ba Barium 137.327 [Xe]6s <sup>2</sup>	<sup>57</sup> La Lanthanum 138.905 [Xe]5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>58</sup> Ce Cerium 140.116 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>59</sup> Pr Praseodymium 140.90765 [Xe]4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>60</sup> Nd Neodymium 144.24 [Xe]4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>61</sup> Pm Promethium (145) [Xe]4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>62</sup> Sm Samarium 151.964 [Xe]4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>63</sup> Eu Europium 151.964 [Xe]4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>64</sup> Gd Gadolinium 157.25 [Xe]4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>65</sup> Tb Terbium 158.92534 [Xe]4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>66</sup> Dy Dysprosium 162.500 [Xe]4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>67</sup> Ho Holmium 164.93032 [Xe]4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>68</sup> Er Erbium 167.259 [Xe]4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>69</sup> Tm Thulium 168.93421 [Xe]4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>70</sup> Yb Ytterbium 173.04 [Xe]4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>	<sup>71</sup> Lu Lutetium 174.967 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	7 <sup>87</sup> Fr Francium (223) [Rn]7s <sup>1</sup>	<sup>88</sup> Ra Radium (226) [Rn]7s <sup>2</sup>	<sup>89</sup> Ac Actinium (227) [Rn]5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Th Thorium 232.0381 [Rn]6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>91</sup> Pa Protactinium 231.03688 [Rn]5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>92</sup> U Uranium 238.02891 [Rn]5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>93</sup> Np Neptunium (237) [Rn]5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>94</sup> Pu Plutonium (244) [Rn]5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>95</sup> Am Americium (243) [Rn]5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>96</sup> Cm Curium (247) [Rn]5f <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>97</sup> Bk Berkelium (247) [Rn]5f <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>98</sup> Cf Californium (251) [Rn]5f <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>99</sup> Es Einsteinium (252) [Rn]5f <sup>11</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>100</sup> Fm Fermium (257) [Rn]5f <sup>12</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>101</sup> Md Mendelevium (258) [Rn]5f <sup>13</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>102</sup> No Nobelium (259) [Rn]5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup>	<sup>103</sup> Lr Lawrencium (262) [Rn]5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup> 7p <sup>1</sup>		

Atomic Number: 58

Ground-state Level: <sup>1</sup>G<sub>5/2</sub>

Symbol: Ce

Name: Cerium

Atomic Weight: 140.116

Ground-state Configuration: [Xe]4f<sup>1</sup>5d<sup>1</sup>6s<sup>2</sup>

Ionization Energy (eV): 5.5387

<sup>†</sup>Based upon <sup>12</sup>C. ( ) indicates the mass number of the most stable isotope.

For a description of the data, visit [physics.nist.gov/data](http://physics.nist.gov/data)

NIST SP 966 (September 2003)



# Σύγχρονες Αναλυτικές τεχνικές

- Φθορισμομετρία ακτίνων-Χ (**X-ray fluorescence - XRF**)
- Φασματογραφία μάζας με διαλυτοποίηση ισοτόπων (**isotope dilution mass spectrometry**)
- Φασματομετρία ατομικών μαζών επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος (**ICP-MS - Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy**)
- Σημειακή χημική ανάλυση ιχνοστοιχείων σε ορυκτά (ανάλυση σημείου μεγέθους έως 10μm) με τη χρήση εστιασμένης δέσμης ιόντων ή lasers (**ion or laser Microprobe analysis**)



# Clean Lab - Chemical Preparation



26



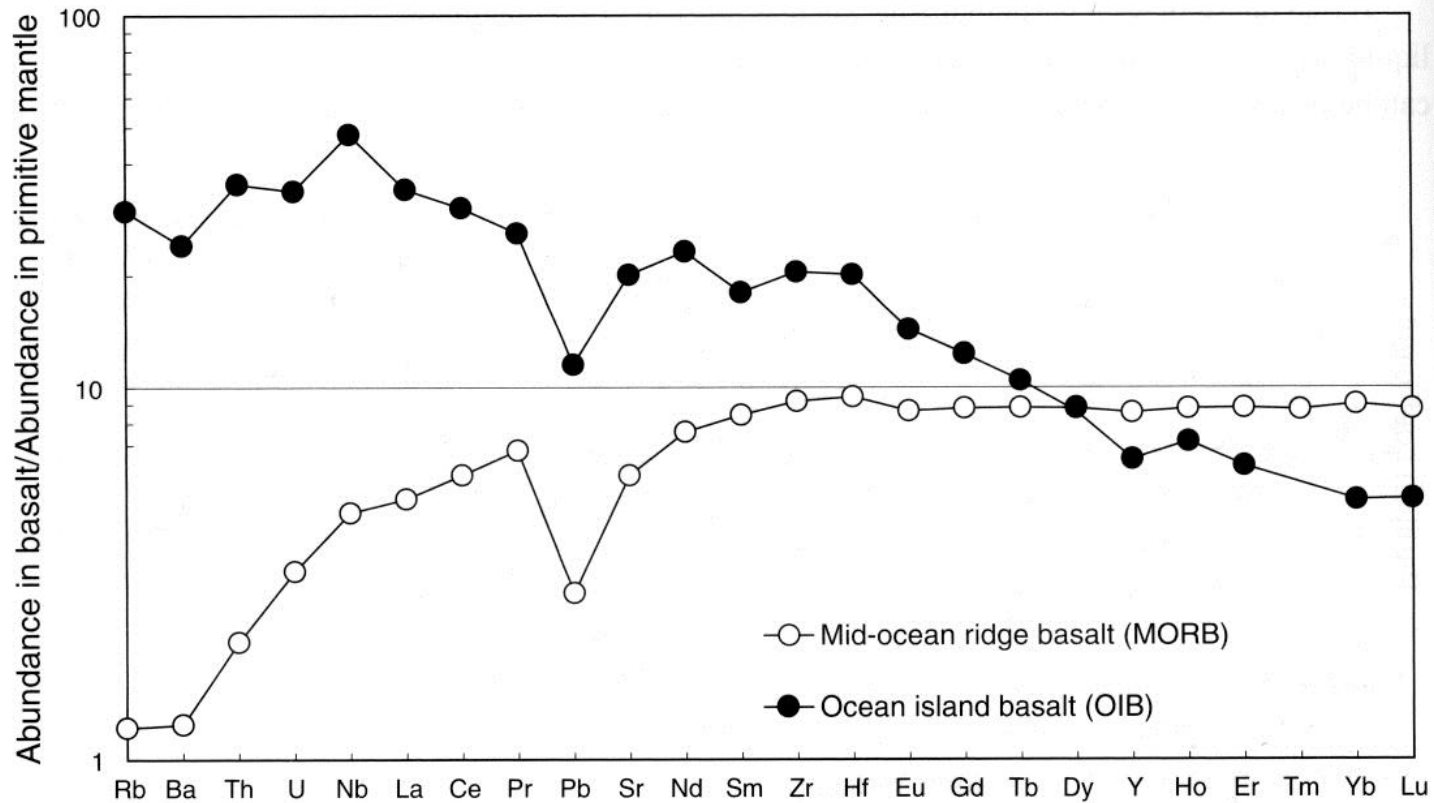
# Thermal Ionization Mass Spectrometer



27



# Γενικό κανονικοποιημένο διάγραμμα διάκρισης γεωτεκτονικού καθεστώτος γένεσης βασαλτών



(Albarede, 2003)

28

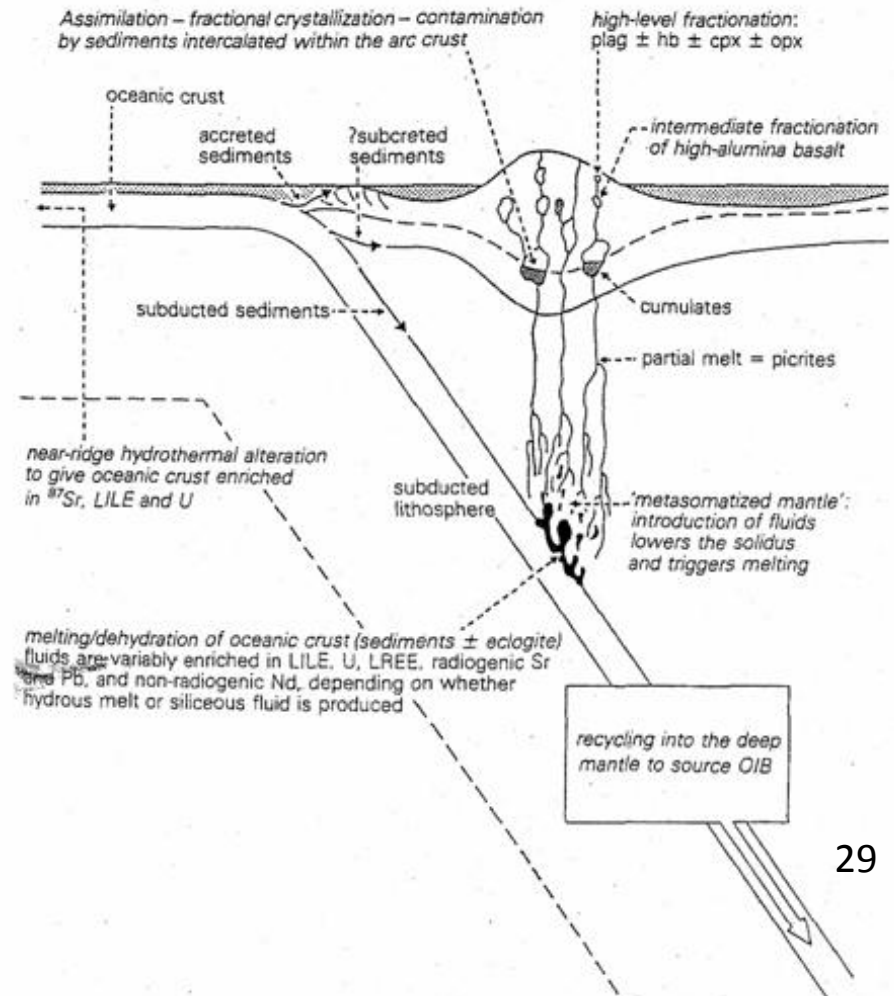




# Γενικό μοντέλο μαγματισμού σε περιβάλλον νησωτικού τόξου

Τα κύρια στοιχεία, ιχνοστοιχεία και οι λόγοι ισοτόπων δείχνουν ότι το υποβυθιζόμενο ίζημα ηπειρωτικής προέλευσης συμμετέχει σε μικρό ποσοστό στην επί τις % κατά βάρος σύσταση (weight %) του μάγματος ενός νησιωτικού τόξου.

Το μεγαλύτερο τμήμα του υποβυθιζόμενου φλοιού προσπερνά το τόξο και κατέρχεται στον βαθύτερο μανδύα. (παράδειγμα: Farallon plate)



29

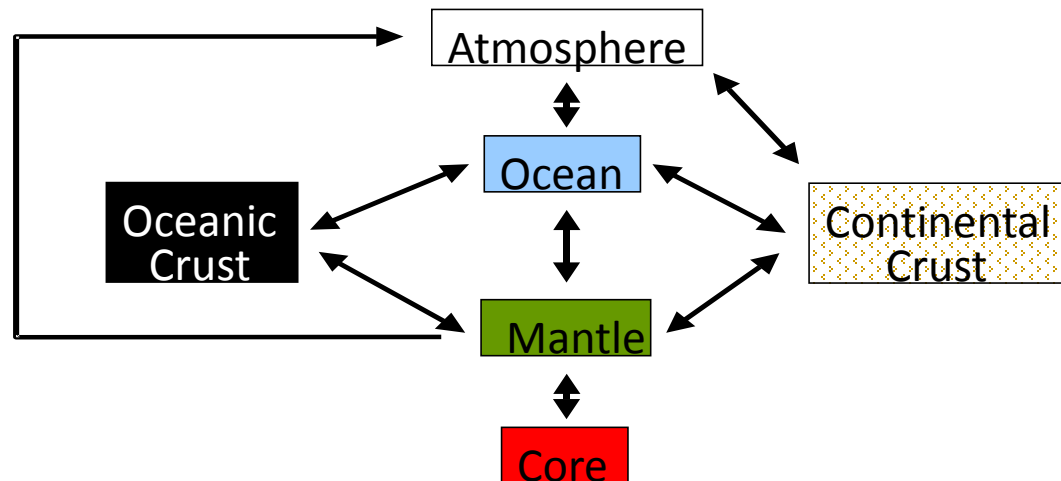


# Σκοπός του μαθήματος

Σκοπός του μαθήματος της γεωχημείας είναι η μελέτη των φυσικών/χημικών διεργασιών (βάθους και επιφανείας) που έχουν ως αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των διαφόρων τμημάτων (“reservoirs”) της γης.

- Η μελέτη των ιχνοστοιχείων μας βοηθάει στην ιχνηλάτηση του τρόπου με τον οποίο γίνεται η διαφοροποίηση.

- Τα ισότοπα (ραδιενεργά) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της ταχύτητας και του χρόνου στον οποίο λαμβάνουν χώρα οι διεργασίες της διαφοροποίησης.



# Χρηματοδότηση

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



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αριάδνη Αργυράκη, Χριστίνα Στουραϊτή 2015. «Γεωχημεία. Εισαγωγή» Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL2/>.



# Σημείωμα Αδειοδότησης

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



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

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

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

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



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

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

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## **Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

Εικόνα 1: Victor Moritz Goldschmidt. Copyrighted.

Εικόνα 2: Goldschmidt classification in the periodic table. Copyrighted.

Εικόνες 3-12: Copyrighted.

Εικόνα 13: Copyrighted.

Εικόνα 14: Copyrighted.

Εικόνα 15: Copyrighted.

Εικόνα 16: Γεωχημική χαρτογράφηση. Copyrighted.

Εικόνα 17: Volcanic areas of the modern world. Copyrighted. Πηγή:  
<http://www.mallonart.com/drawings/techillustrations/techillustrations/geology.html>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/3)

Εικόνα 18: Copyrighted.

Εικόνα 19: Copyrighted.

Εικόνα 20: Pattern of global heat flux variations compiled from observations at over 20,000 sites and modeled on a spherical harmonic expansion to degree 12.

Copyrighted. Πηγή: Pollack, Hurter and Johnson. (1993) *Rev. Geophys.* 31, 267-280.

Εικόνα 21: Cross-section of the mantle based on a seismic tomography model.

Copyrighted. Πηγή: Li and Romanowicz (1996). *J. Geophys. Research*, 101, 22,245-72.

Εικόνα 22: Copyrighted. Πηγή: from Green and Falloon ((1998), Green & Ringwood (1963), Jaupart and Mareschal (1999), McKenzie *et al.* (2005 and personal communication), Ringwood (1966), Rudnick and Nyblade (1999), Turcotte and Schubert (2002).

Εικόνα 23: Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/3)

Εικόνα 24: Δομή της γης. Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc.

Εικόνα 25: Periodic table – Atomic properties of the elements. Copyrighted. Πηγή: NIST.

Εικόνα 28: Copyrighted. Πηγή: Albarede, 2003.

Εικόνα 29: Copyrighted.

