ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

-- ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ--

Ιωάννης Καρτσωνάκης

ikartso@chemeng.ntua.gr

LinkedIn

Χημικά στοιχεία ονομάζονται οι ουσίες που δεν μπορούν να διασπαστούν σε απλούστερες.

- Τα χημικά στοιχεία αποτελούν τα δομικά υλικά του πλανήτη μας.
- Είναι λίγο περισσότερα από εκατό (112) και χωρίζονται σε μέταλλα και αμέταλλα.
- Ταξινομούνται στον περιοδικό πίνακα
- Συνδυάζονται μεταξύ τους και δημιουργούν την αφάνταστη ποικιλία με την οποία εμφανίζεται η ύλη.

IUPAC Periodic Table of the Elements

Key: atomic number **Symbol** name (conventional atomic weight) standard atomic weight

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 **H** hydrogen [1.0076, 1.0082]																	2 **He** helium [4.0026]
3 **Li** lithium [6.938, 6.997]	4 **Be** beryllium [9.0122]											5 **B** boron [10.806, 10.821]	6 **C** carbon [12.009, 12.012]	7 **N** nitrogen [14.006, 14.008]	8 **O** oxygen [15.999, 16.000]	9 **F** fluorine [18.998]	10 **Ne** neon [20.180]
11 **Na** sodium [22.990]	12 **Mg** magnesium [24.304, 24.307]											13 **Al** aluminium [26.982]	14 **Si** silicon [28.084, 28.086]	15 **P** phosphorus [30.974]	16 **S** sulfur [32.059, 32.076]	17 **Cl** chlorine [35.446, 35.457]	18 **Ar** argon [39.792, 39.948]
19 **K** potassium [39.098]	20 **Ca** calcium [40.076, 40.080]	21 **Sc** scandium [44.956]	22 **Ti** titanium [47.867]	23 **V** vanadium [50.942]	24 **Cr** chromium [51.996]	25 **Mn** manganese [54.938]	26 **Fe** iron [55.845(2)]	27 **Co** cobalt [58.933]	28 **Ni** nickel [58.693]	29 **Cu** copper [63.546(3)]	30 **Zn** zinc [65.38(2)]	31 **Ga** gallium [69.723]	32 **Ge** germanium [72.630(8)]	33 **As** arsenic [74.922]	34 **Se** selenium [78.971(8)]	35 **Br** bromine [79.901, 79.907]	36 **Kr** krypton [83.798(2)]
37 **Rb** rubidium [85.468]	38 **Sr** strontium [87.62]	39 **Y** yttrium [88.906]	40 **Zr** zirconium [91.224(2)]	41 **Nb** niobium [92.906]	42 **Mo** molybdenum [95.95]	43 **Tc** technetium	44 **Ru** ruthenium [101.07(2)]	45 **Rh** rhodium [102.91]	46 **Pd** palladium [106.42]	47 **Ag** silver [107.87]	48 **Cd** cadmium [112.41]	49 **In** indium [114.82]	50 **Sn** tin [118.71]	51 **Sb** antimony [121.76]	52 **Te** tellurium [127.60(3)]	53 **I** iodine [126.90]	54 **Xe** xenon [131.29]
55 **Cs** caesium [132.91]	56 **Ba** barium [137.33]	57-71 lanthanoids	72 **Hf** hafnium [178.49(2)]	73 **Ta** tantalum [180.95]	74 **W** tungsten [183.84]	75 **Re** rhenium [186.21]	76 **Os** osmium [190.23(3)]	77 **Ir** iridium [192.22]	78 **Pt** platinum [195.08]	79 **Au** gold [196.97]	80 **Hg** mercury [200.59]	81 **Tl** thallium [204.38, 204.39]	82 **Pb** lead [207.2]	83 **Bi** bismuth [208.98]	84 **Po** polonium	85 **At** astatine	86 **Rn** radon
87 **Fr** francium	88 **Ra** radium	89-103 actinoids	104 **Rf** rutherfordium	105 **Db** dubnium	106 **Sg** seaborgium	107 **Bh** bohrium	108 **Hs** hassium	109 **Mt** meitnerium	110 **Ds** darmstadtium	111 **Rg** roentgenium	112 **Cn** copernicium	113 **Nh** nihonium	114 **Fl** flerovium	115 **Mc** moscovium	116 **Lv** livermorium	117 **Ts** tennessine	118 **Og** oganesson

57 **La** lanthanum [138.91]	58 **Ce** cerium [140.12]	59 **Pr** praseodymium [140.91]	60 **Nd** neodymium [144.24]	61 **Pm** promethium	62 **Sm** samarium [150.36(2)]	63 **Eu** europium [151.96]	64 **Gd** gadolinium [157.25(3)]	65 **Tb** terbium [158.93]	66 **Dy** dysprosium [162.50]	67 **Ho** holmium [164.93]	68 **Er** erbium [167.26]	69 **Tm** thulium [168.93]	70 **Yb** ytterbium [173.05]	71 **Lu** lutetium [174.97]
89 **Ac** actinium	90 **Th** thorium [232.04]	91 **Pa** protactinium [231.04]	92 **U** uranium [238.03]	93 **Np** neptunium	94 **Pu** plutonium	95 **Am** americium	96 **Cm** curium	97 **Bk** berkelium	98 **Cf** californium	99 **Es** einsteinium	100 **Fm** fermium	101 **Md** mendelevium	102 **No** nobelium	103 **Lr** lawrencium

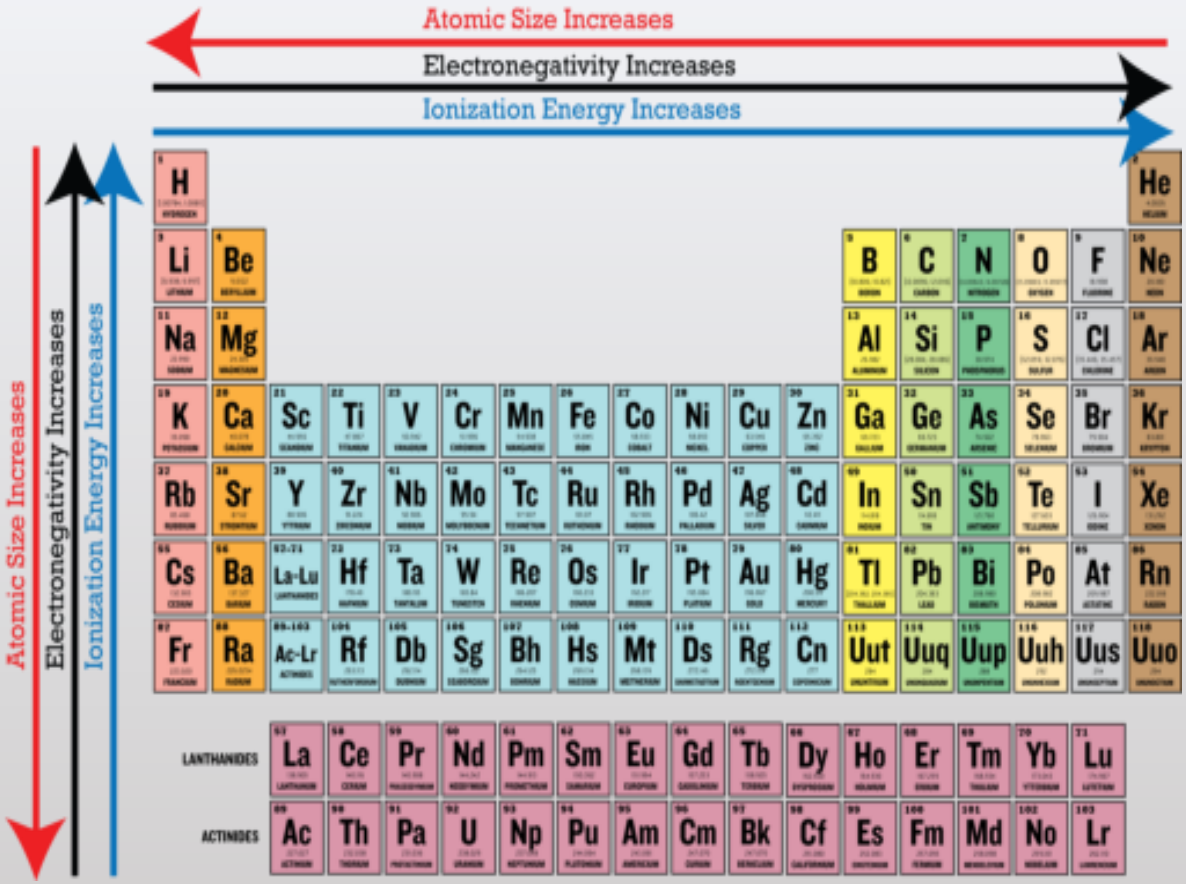
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.

Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization · 2019 IYPT International Year of the Periodic Table of Chemical Elements · 100 IUPAC

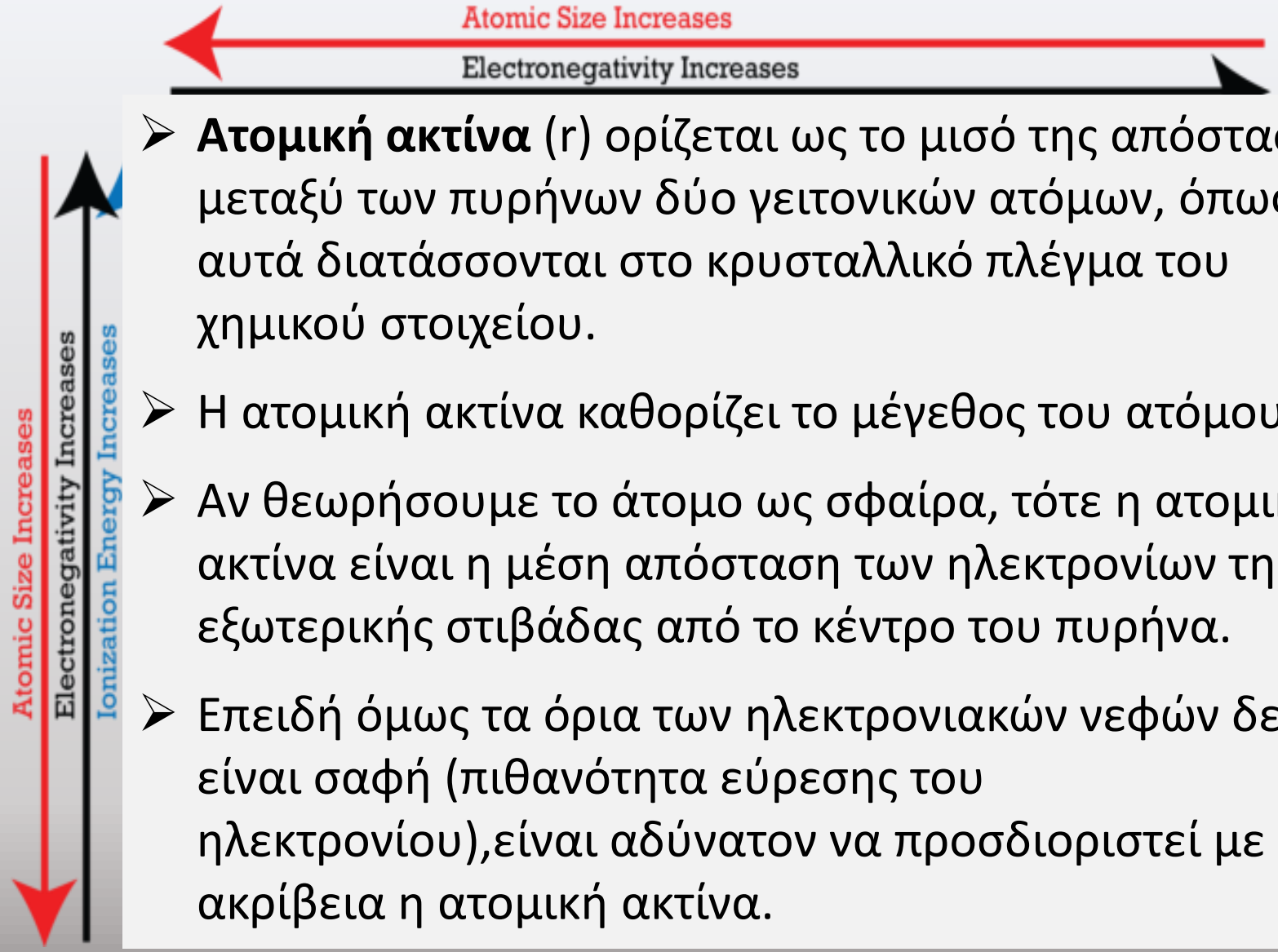
Περιοδικός Πίνακας



Φυσικές ιδιότητες ατόμων:
Ατομική ακτίνα
Ενέργεια ιονισμού
Ηλεκτραρνητικότητα

<u>Περιοδικός νόμος</u>: Ορίζει ότι όταν τα στοιχεία ταξινομούνται κατ' αύξοντα ατομικό αριθμό, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες μεταβάλλονται περιοδικά.

Περιοδικός Πίνακας



- **Ατομική ακτίνα** (r) ορίζεται ως το μισό της απόστασης μεταξύ των πυρήνων δύο γειτονικών ατόμων, όπως αυτά διατάσσονται στο κρυσταλλικό πλέγμα του χημικού στοιχείου.
- Η ατομική ακτίνα καθορίζει το μέγεθος του ατόμου.
- Αν θεωρήσουμε το άτομο ως σφαίρα, τότε η ατομική ακτίνα είναι η μέση απόσταση των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας από το κέντρο του πυρήνα.
- Επειδή όμως τα όρια των ηλεκτρονιακών νεφών δεν είναι σαφή (πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου),είναι αδύνατον να προσδιοριστεί με ακρίβεια η ατομική ακτίνα.

Ατομική ακτίνα σε περίοδο

Κατά μήκος μιας περιόδου η ατομική ακτίνα ελαττώνεται από τα αριστερά προς τα δεξιά.

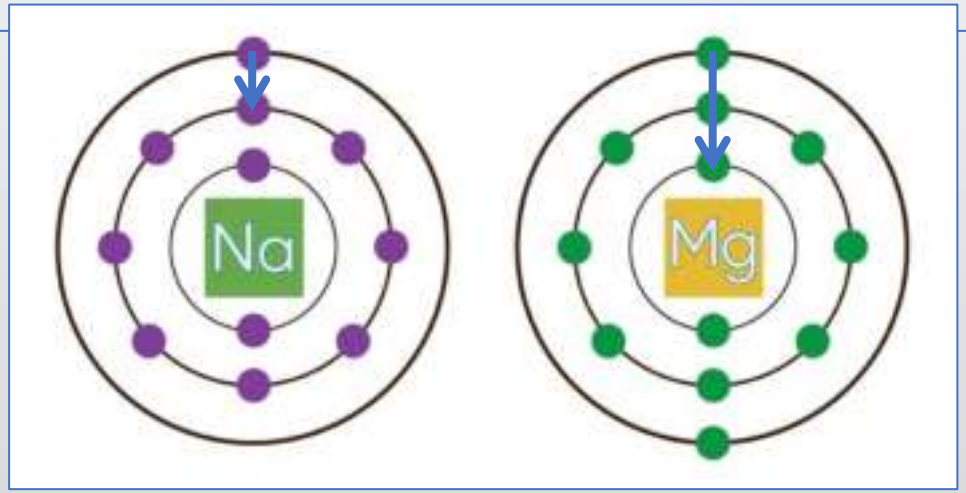
Όσο πηγαίνουμε προς τα δεξιά:

•αυξάνεται ο ατομικός αριθμός.

•αυξάνεται το δραστικό πυρηνικό φορτίο του ατόμου (κατά προσέγγιση το φορτίο του πυρήνα μειωμένο κατά το φορτίο των ηλεκτρονίων των εσωτερικών στιβάδων).

•λόγω μεγαλύτερης έλξης των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας από τον πυρήνα, η ατομική ακτίνα μειώνεται.

Ατομική ακτίνα σε περίοδο



Z = 11
10 εσωτερικά e
r = 1,86 Å

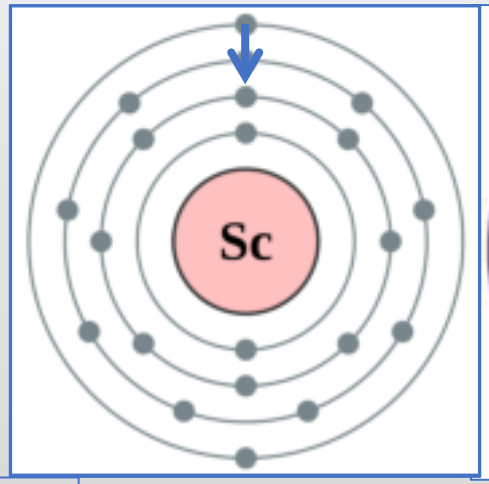
Z = 12
10 εσωτερικά e
r = 1,60 Å

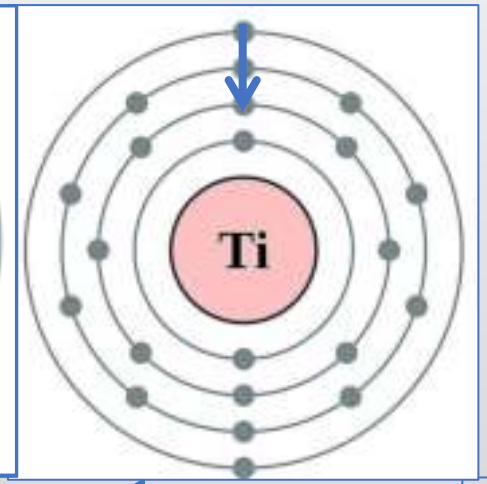
Μεγαλύτερη έλξη
Μικρότερη ακτίνα

* 1 Å = 10^{-10} m

Ατομική ακτίνα σε περίοδο

… σε στοιχεία μετάπτωσης





Z = 21
19 εσωτερικά e
r = 1,61 Å

Z = 22
20 εσωτερικά e
r = 1,45 Å

<u>Λίγο</u> μεγαλύτερη έλξη
<u>Λίγο</u> μικρότερη ακτίνα

Τα επιπλέον e προστίθενται σε εσωτερική στιβάδα.

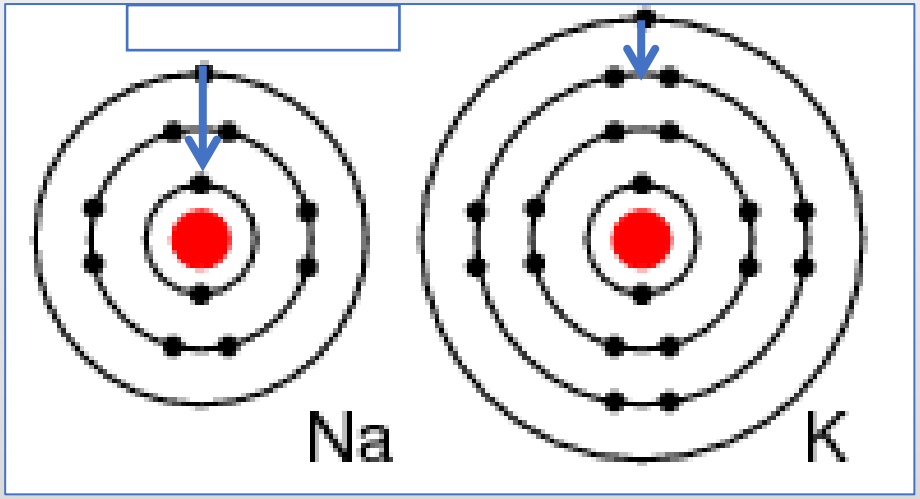
Ατομική ακτίνα σε ομάδα

Σε μια ομάδα του περιοδικού πίνακα η ατομική ακτίνα αυξάνεται από πάνω προς τα κάτω.

Καθώς προχωράμε προς τα κάτω:

- προστίθενται στιβάδες στο άτομο
- μεγαλώνει η απόσταση των ηλεκτρονίων εξωτερικής στιβάδας - πυρήνα,
- μειώνεται η έλξη των ηλεκτρονίων εξωτερικής στιβάδας – πυρήνα
- αυξάνεται η ατομική ακτίνα.

Ατομική ακτίνα σε ομάδα



στιβάδες 3
r = 1,86 Å

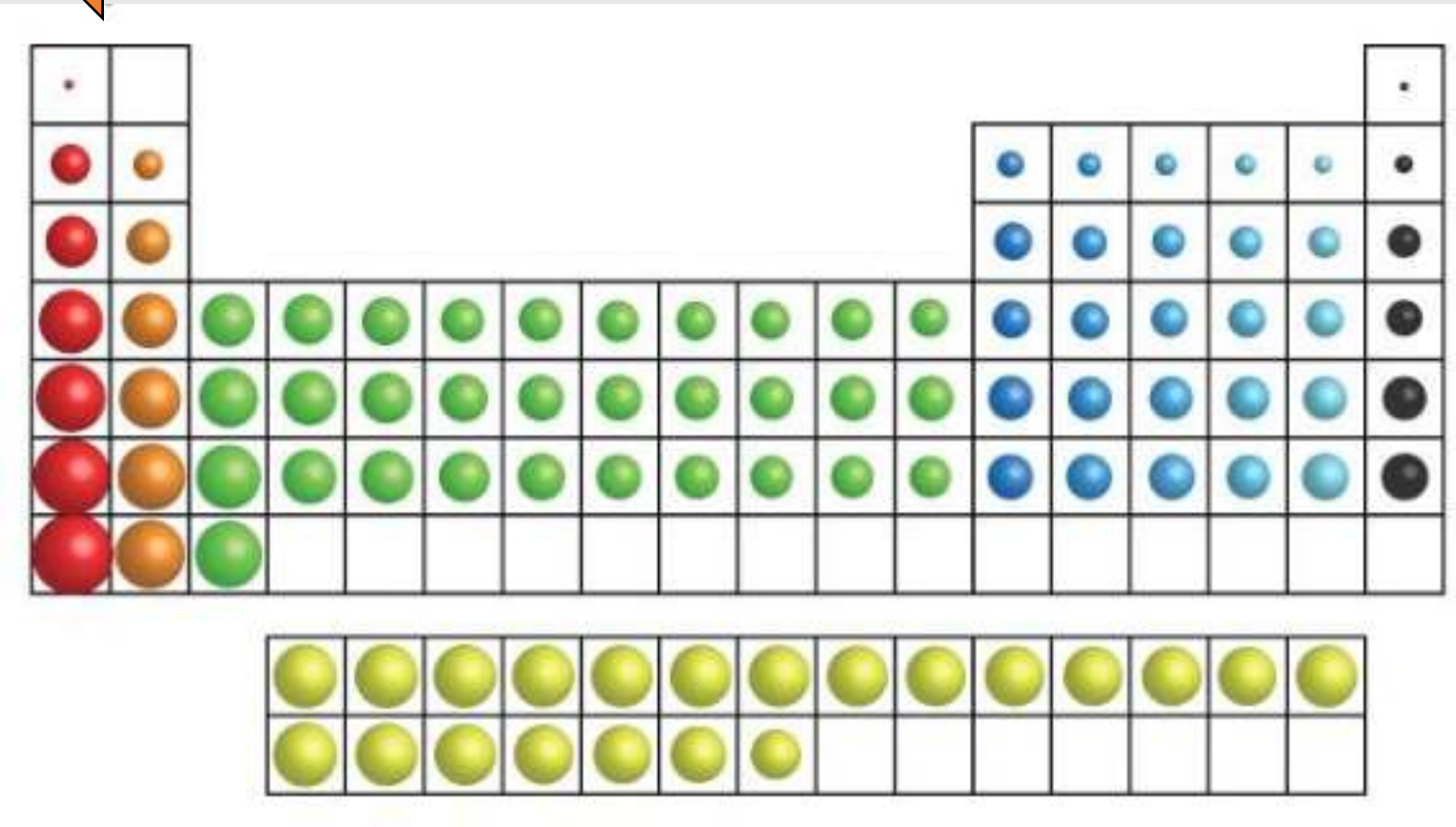
στιβάδες 4
r = 2,27 Å

Μεγαλύτερη απόσταση
Μικρότερη έλξη
Μεγαλύτερη ακτίνα

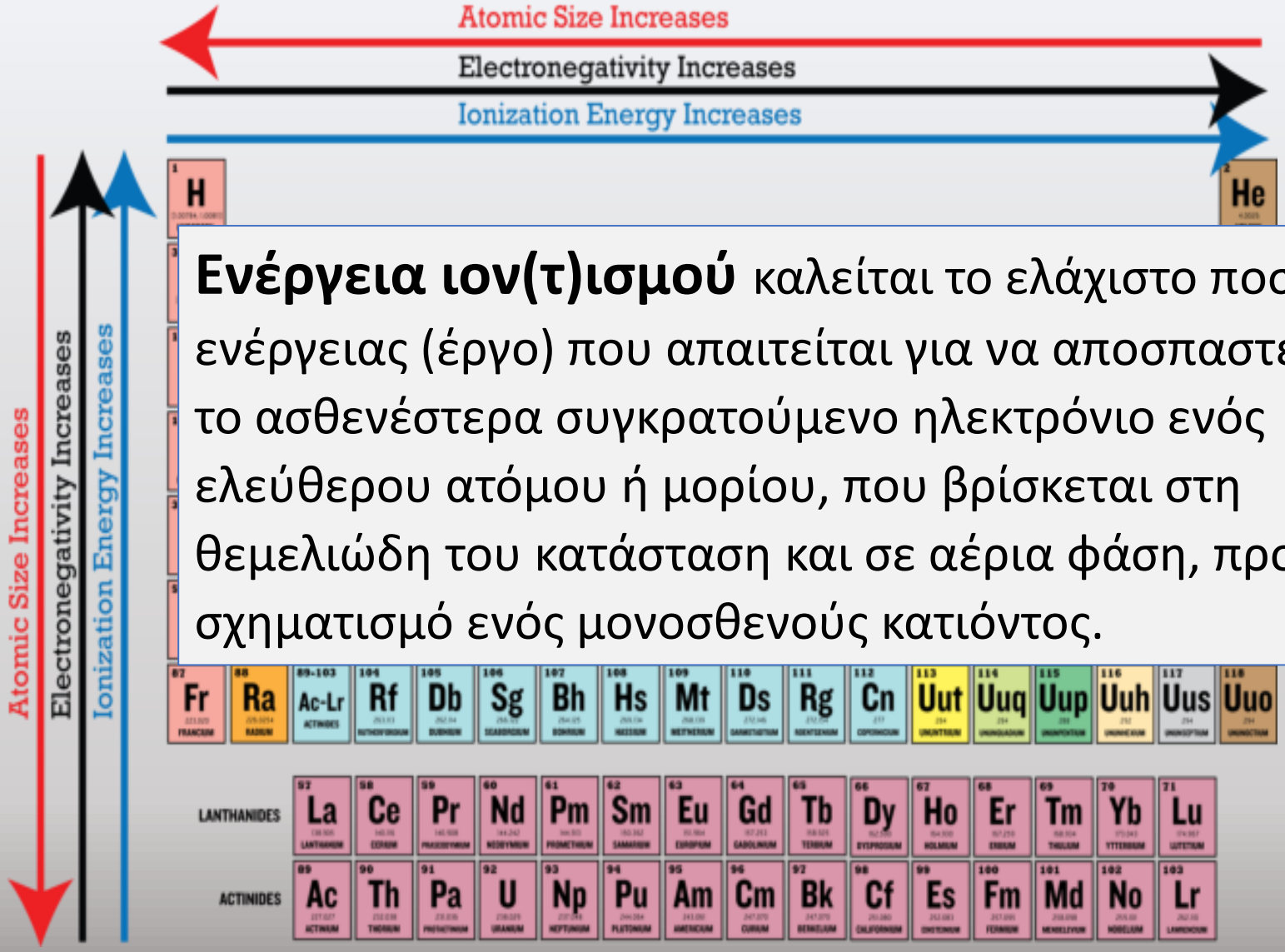
Ατομική ακτίνα στον Π.Π.

Αύξηση ατομικής ακτίνας

Αύξηση ατομικής ακτίνας

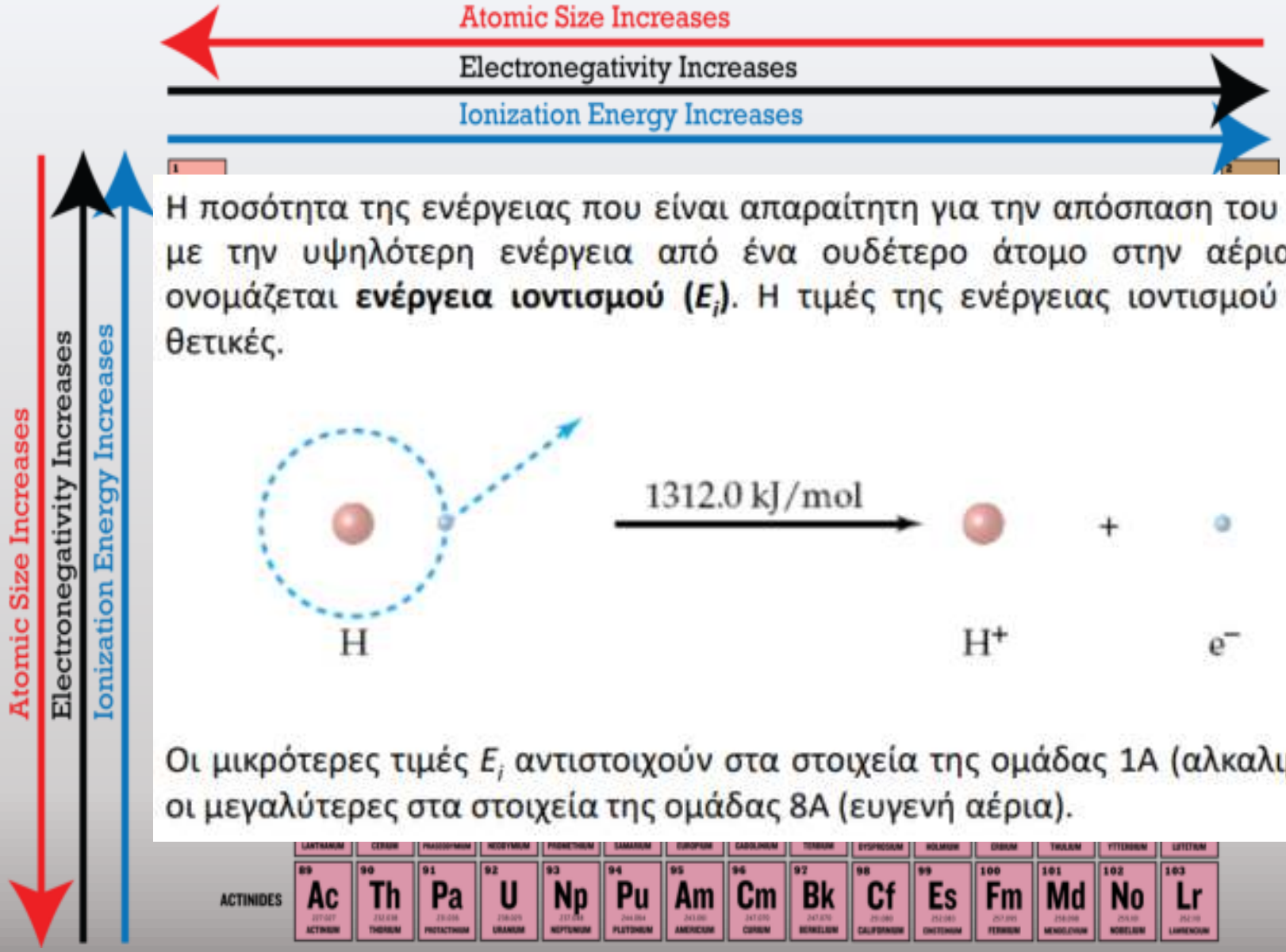


Περιοδικός Πίνακας



Ενέργεια ιον(τ)ισμού καλείται το ελάχιστο ποσό ενέργειας (έργο) που απαιτείται για να αποσπαστεί το ασθενέστερα συγκρατούμενο ηλεκτρόνιο ενός ελεύθερου ατόμου ή μορίου, που βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση και σε αέρια φάση, προς σχηματισμό ενός μονοσθενούς κατιόντος.

Περιοδικός Πίνακας



Η ποσότητα της ενέργειας που είναι απαραίτητη για την απόσπαση του ηλεκτρονίου με την υψηλότερη ενέργεια από ένα ουδέτερο άτομο στην αέρια φάση του ονομάζεται **ενέργεια ιοντισμού (E_i)**. Η τιμές της ενέργειας ιοντισμού είναι πάντα θετικές.

Οι μικρότερες τιμές E_i αντιστοιχούν στα στοιχεία της ομάδας 1A (αλκαλιμέταλλα) και οι μεγαλύτερες στα στοιχεία της ομάδας 8A (ευγενή αέρια).

Ενέργεια ιοντισμού

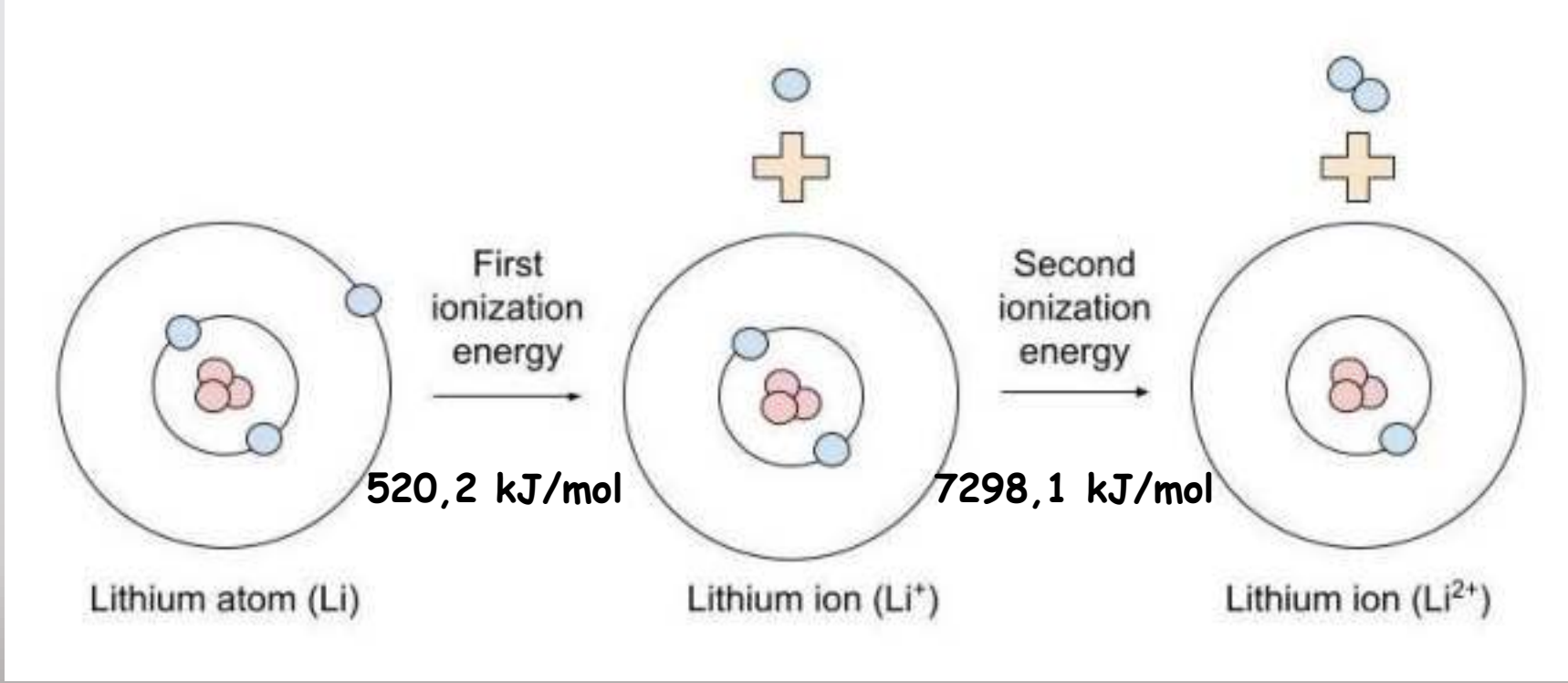
Ενέργεια πρώτου ιοντισμού (E_{i1}): Η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για την πλήρη απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από ελεύθερο άτομο, που βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση και σε αέρια φάση.

$$\Sigma_{(g)} \rightarrow \Sigma^{+}_{(g)} + e^{-}\text{ , με } E_{i1} = \Delta H > 0 \text{ (ενδόθερμη)}$$

Ανάλογα:

$$\Sigma^{+}_{(g)} \rightarrow \Sigma^{2+}_{(g)} + e^{-}\text{ , με } E_{i2} = \Delta H' > E_{i1}$$

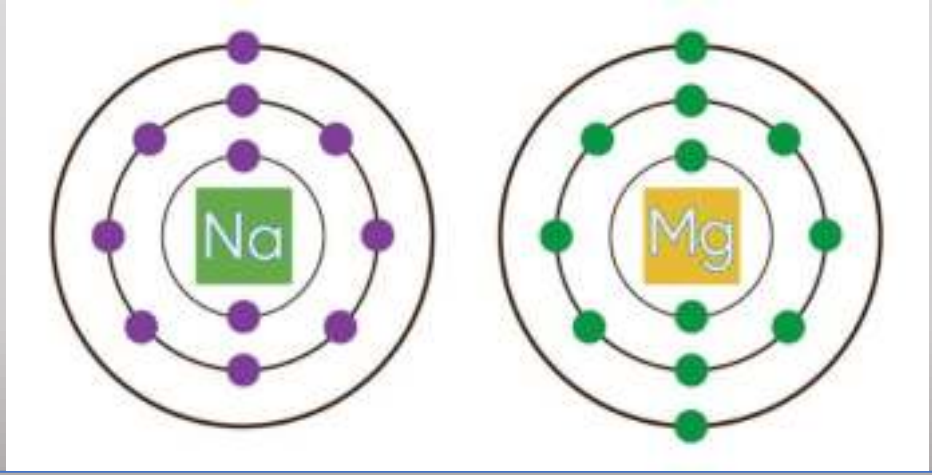
Ενέργεια ιοντισμού



Ενέργεια ιοντισμού – παράγοντες

1. Η ατομική ακτίνα
   Μεγαλύτερη ατομική ακτίνα → μεγαλύτερη απόσταση του πιο μακρινού ηλεκτρονίου → μικρότερη έλξη πυρήνα – ηλεκτρονίου → μικρότερη ενέργεια ιοντισμού.

r = 1,86 Å
E_{i1} = 496 kJ/mol

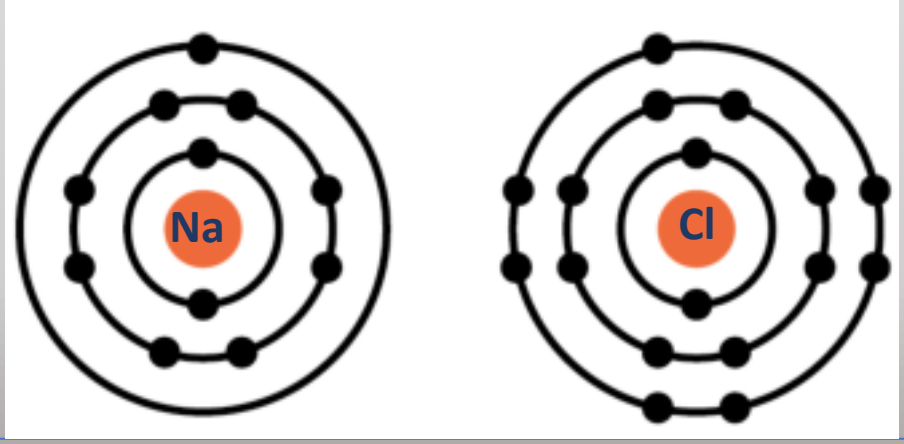


r = 1,60 Å
E_{i1} = 738 kJ/mol

Ενέργεια ιοντισμού – παράγοντες

2. Το φορτίο του πυρήνα
Μεγαλύτερος είναι ο ατομικός αριθμός (Z) → μεγαλύτερο φορτίο του πυρήνα → μεγαλύτερη έλξη πυρήνα - ηλεκτρονίων → μεγαλύτερη ενέργεια ιοντισμού.

Z = 11
E_{i1} = 496 kJ/mol



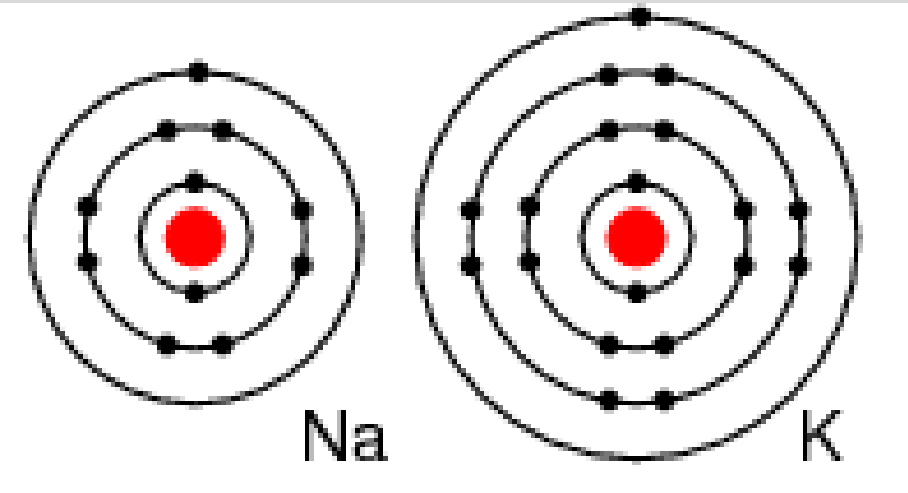
Z = 17
E_{i1} = 1251 kJ/mol

Ενέργεια ιοντισμού – παράγοντες

3. Τα ενδιάμεσα ηλεκτρόνια

Περισσότερα ενδιάμεσα e → άπωση τελευταίου e → μικρότερη έλξη → μικρότερη ενέργεια ιοντισμού.

Ενδιάμεσα e: 10
E_{i1} = 496 kJ/mol

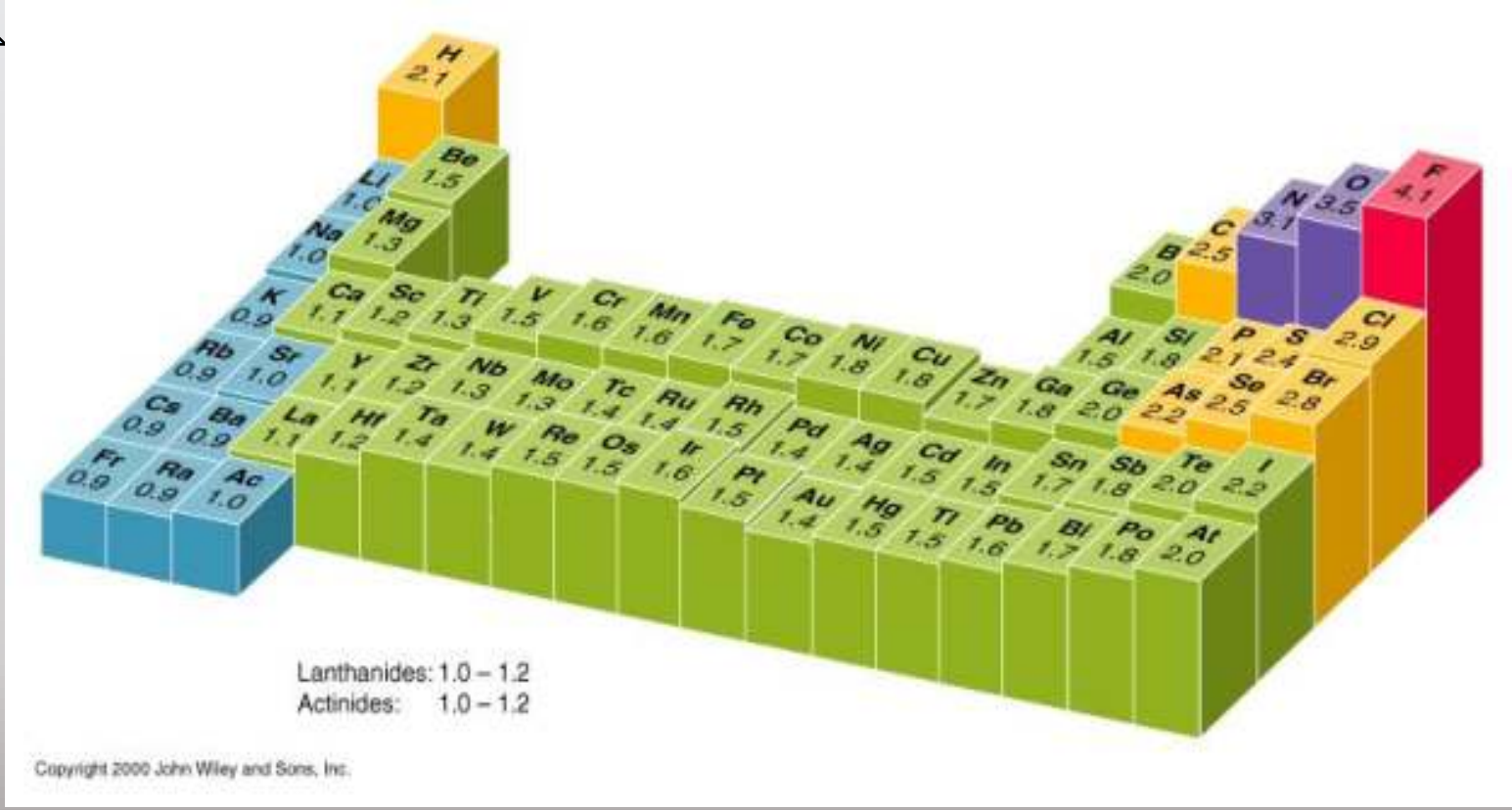


Ενδιάμεσα e: 18
E_{i1} = 419 kJ/mol

Ενέργεια ιοντισμού στον Π.Π.

Αύξηση ενέργειας ιοντισμού

Αύξηση ενέργειας ιοντισμού



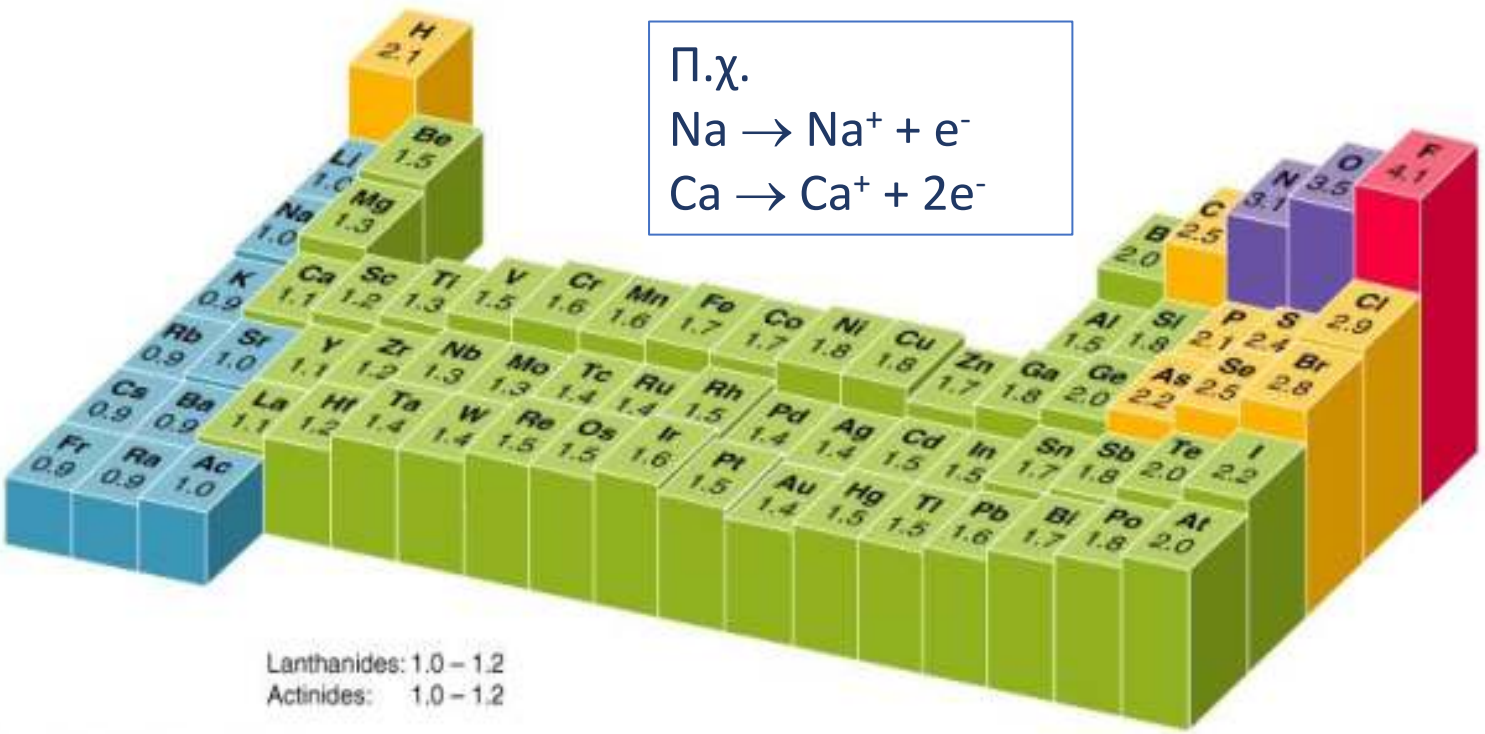
Ενέργεια ιοντισμού στον Π.Π.

Τα μέταλλα έχουν σχετικά χαμηλές τιμές ενέργειας ιοντισμού με αποτέλεσμα εύκολα να αποβάλλουν ηλεκτρόνια και να μετατρέπονται σε θετικά ιόντα. Γι' αυτό χαρακτηρίζονται ως ηλεκτροθετικά στοιχεία.

Π.χ.

$Na \rightarrow Na^{+} + e^{-}$

$Ca \rightarrow Ca^{+} + 2e^{-}$



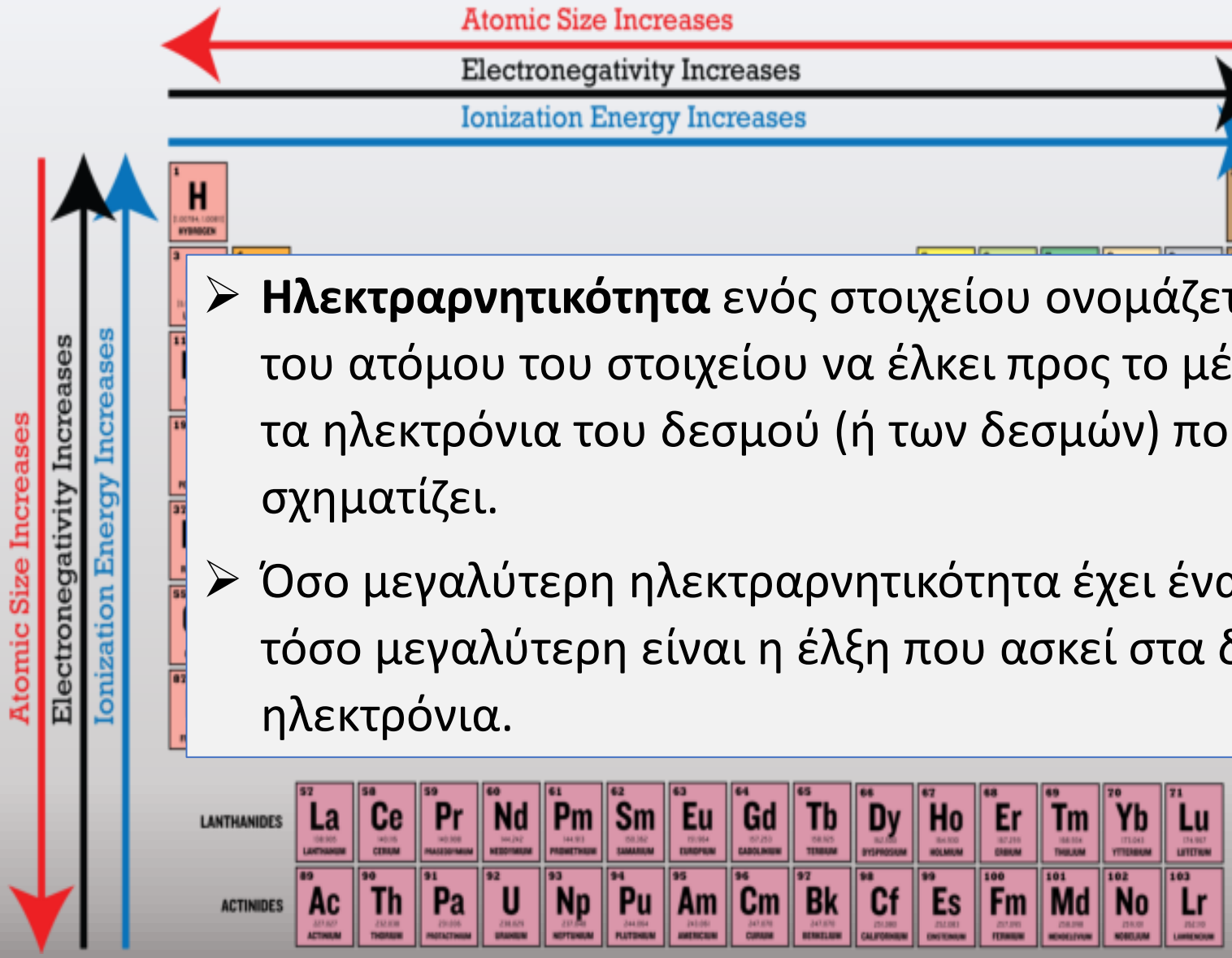
Περιοδικός Πίνακας

Η **ηλεκτρονική συγγένεια (E_{ea})** ενός ατόμου είναι η μεταβολή της ενέργειας που συμβαίνει όταν ένα ηλεκτρόνιο προστίθεται σ' ένα άτομο στην αέρια φάση του. Η τιμές της ηλεκτρονικής συγγένειας είναι αρνητικές.

Όσο πιο αρνητική μια τιμή E_{ea}, τόσο μεγαλύτερη η τάση ενός ατόμου να δέχεται ηλεκτρόνια και τόσο μεγαλύτερη η σταθερότητα του προκύπτοντος ανιόντος.

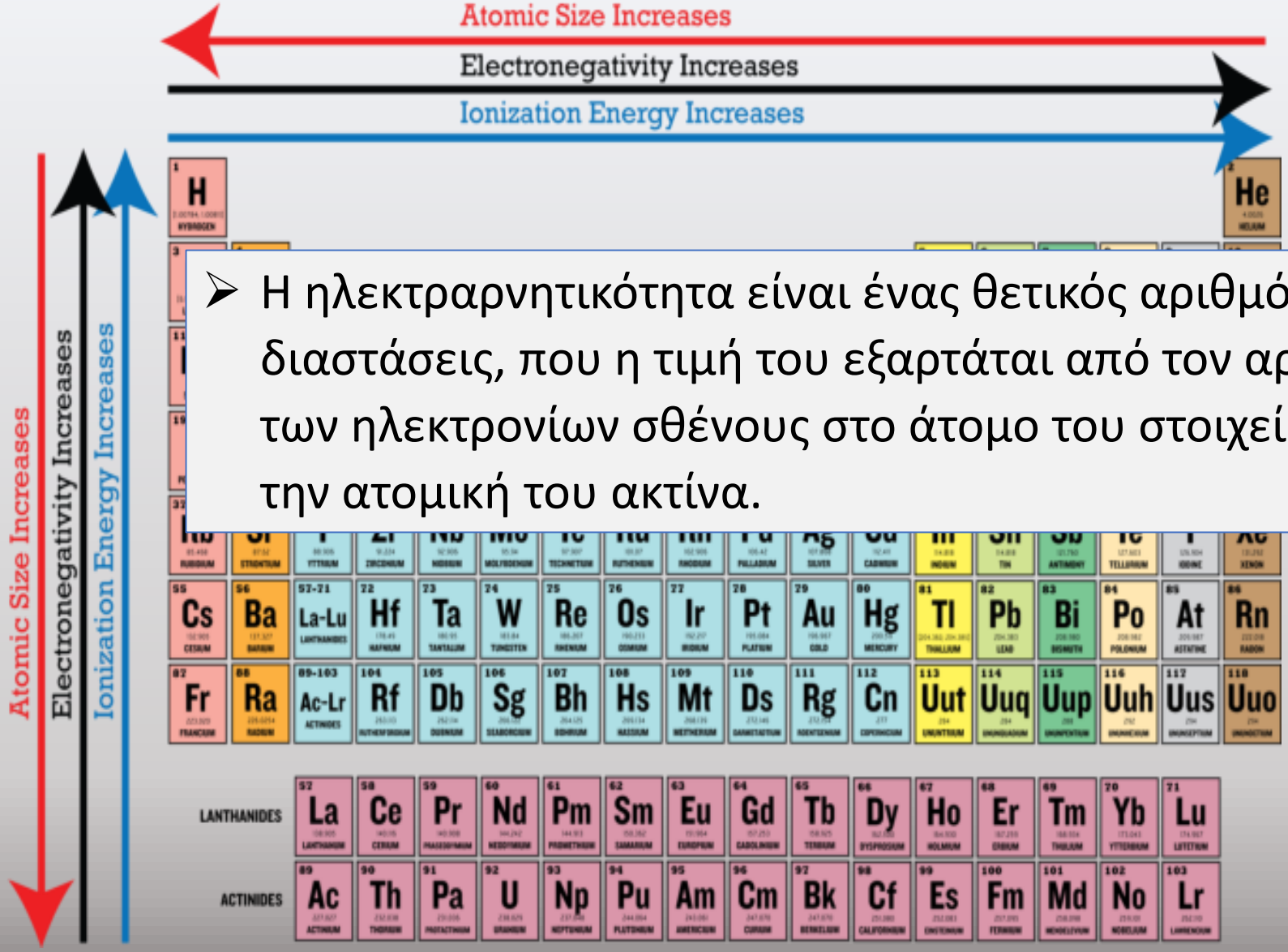
Τα στοιχεία της ομάδας 7Α έχουν τις πιο αρνητικές τιμές, που αντιστοιχούν σε μεγάλη έκλυση ενέργειας, ενώ τα στοιχεία των ομάδων 2Α και 8Α ηλεκτρονικές συγγένειες κοντά στο μηδέν ή θετικές (απορρόφηση ενέργειας).

Περιοδικός Πίνακας



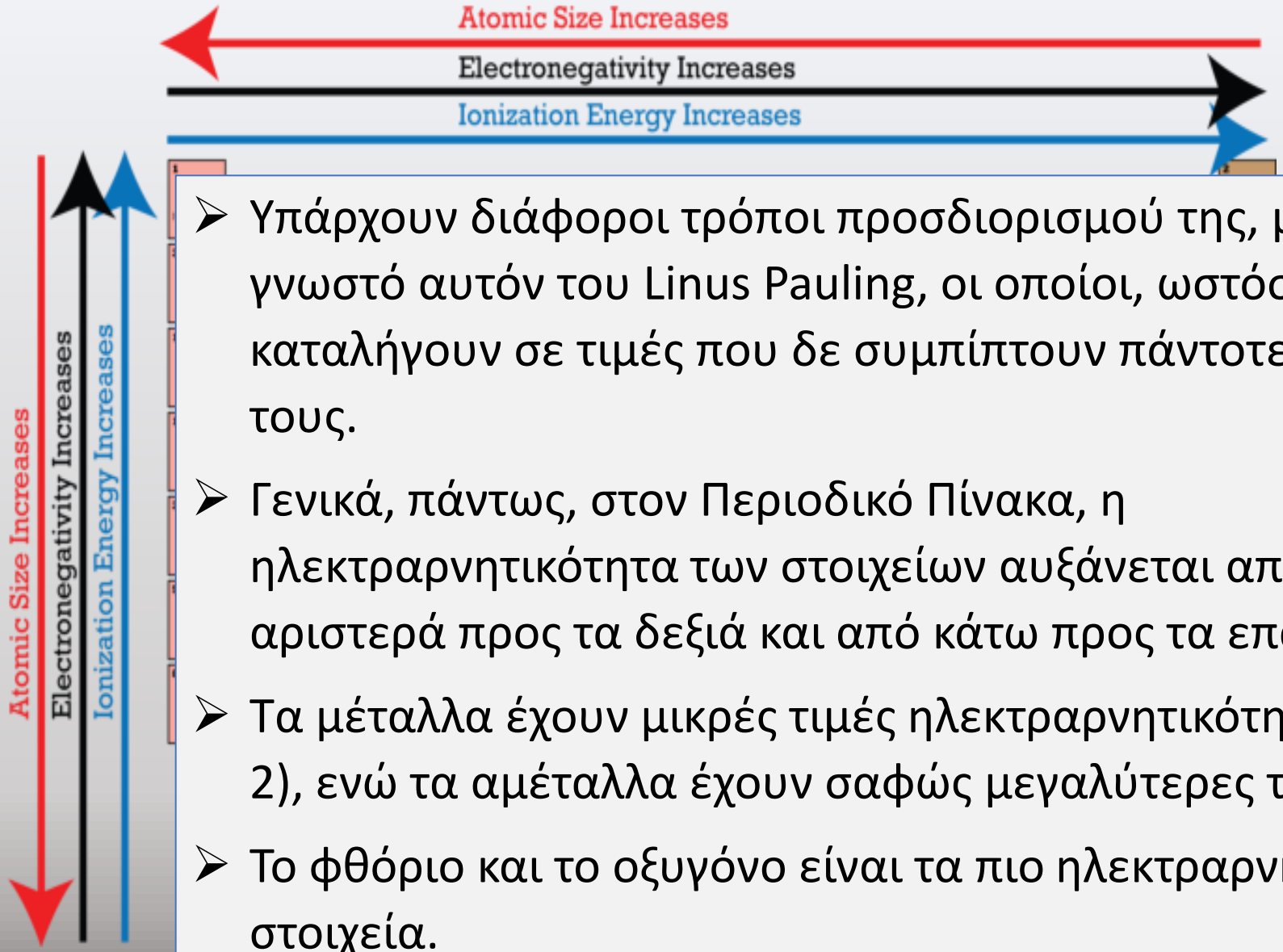
- **Ηλεκτραρνητικότητα** ενός στοιχείου ονομάζεται η τάση του ατόμου του στοιχείου να έλκει προς το μέρος του τα ηλεκτρόνια του δεσμού (ή των δεσμών) που σχηματίζει.
- Όσο μεγαλύτερη ηλεκτραρνητικότητα έχει ένα άτομο, τόσο μεγαλύτερη είναι η έλξη που ασκεί στα δεσμικά ηλεκτρόνια.

Περιοδικός Πίνακας



- Η ηλεκτραρνητικότητα είναι ένας θετικός αριθμός χωρίς διαστάσεις, που η τιμή του εξαρτάται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων σθένους στο άτομο του στοιχείου και την ατομική του ακτίνα.

Περιοδικός Πίνακας



- Υπάρχουν διάφοροι τρόποι προσδιορισμού της, με πιο γνωστό αυτόν του Linus Pauling, οι οποίοι, ωστόσο, καταλήγουν σε τιμές που δε συμπίπτουν πάντοτε μεταξύ τους.
- Γενικά, πάντως, στον Περιοδικό Πίνακα, η ηλεκτραρνητικότητα των στοιχείων αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά και από κάτω προς τα επάνω.
- Τα μέταλλα έχουν μικρές τιμές ηλεκτραρνητικότητας (0,7-2), ενώ τα αμέταλλα έχουν σαφώς μεγαλύτερες τιμές (2-4).
- Το φθόριο και το οξυγόνο είναι τα πιο ηλεκτραρνητικά στοιχεία.

Περιοδικός Πίνακας

Ηλεκτραρνητικότητα και χημικοί δεσμοί

Όταν τα άτομα ενώνονται μεταξύ τους, «ανταγωνίζονται» για τα ηλεκτρόνια των δεσμών που σχηματίζουν. Το άτομο με την μεγαλύτερη ηλεκτραρνητικότητα έλκει περισσότερο προς το μέρος του τα δεσμικά ηλεκτρόνια από το άτομο με τη χαμηλότερη ηλεκτραρνητικότητα. Ο βαθμός μετατόπισης των δεσμικών ηλεκτρονίων προς το πιο ηλεκτραρνητικό άτομο εξαρτάται από τη διαφορά ηλεκτραρνητικότητας ανάμεσα στα δύο άτομα.

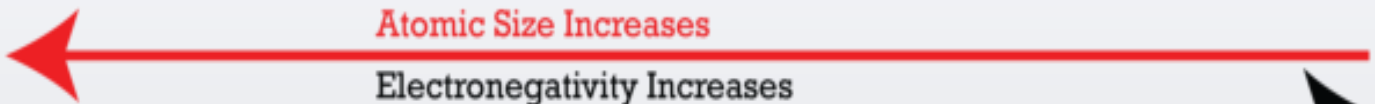
Όταν η διαφορά αυτή είναι σημαντική (>1,7), όπως συμβαίνει σε πολλές περιπτώσεις ένωσης ενός μετάλλου με ένα αμέταλλο, η μετατόπιση αυτή είναι πλήρης. Το μέταλλο χάνει τα ηλεκτρόνια σθένους, τα οποία προσλαμβάνει το αμέταλλο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ιόντων και, κατά συνέπεια, ιοντικών (κρυσταλλικών) στερεών ενώσεων, π.χ.:

$$Na^{\bullet} + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \longrightarrow Na^{+}[:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:]^{-}$$

Μικρότερες, όμως, διαφορές ηλεκραρνητικότητας, όπως π.χ. όταν ενώνονται δύο αμέταλλα, δεν οδηγούν σε απώλεια και πρόσληψη ηλεκτρονίων, αλλά μόνο σε μερική μετατόπιση του κοινού ή των κοινών ζευγών ηλεκτρονίων προς το πιο ηλεκτραρνητικό άτομο. Έτσι, δημιουργείται μια ασύμμετρη κατανομή φορτίου ανάμεσα στα άτομα, με αποτέλεσμα την εμφάνιση μερικού αρνητικού φορτίου στο πιο ηλεκτραρνητικό από αυτά και ισοδύναμου θετικού φορτίου στο λιγότερο ηλεκτραρνητικό και συνέπεια την πόλωση του ομοιοπολικού δεσμού, π.χ.:

$$H^{\bullet} + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \longrightarrow \overset{\delta+}{H} \div \ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:^{\delta-}$$

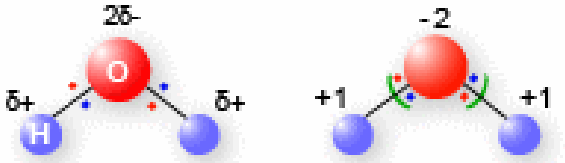
Περιοδικός Πίνακας



Ηλεκτραρνητικότητα και αριθμός οξείδωσης

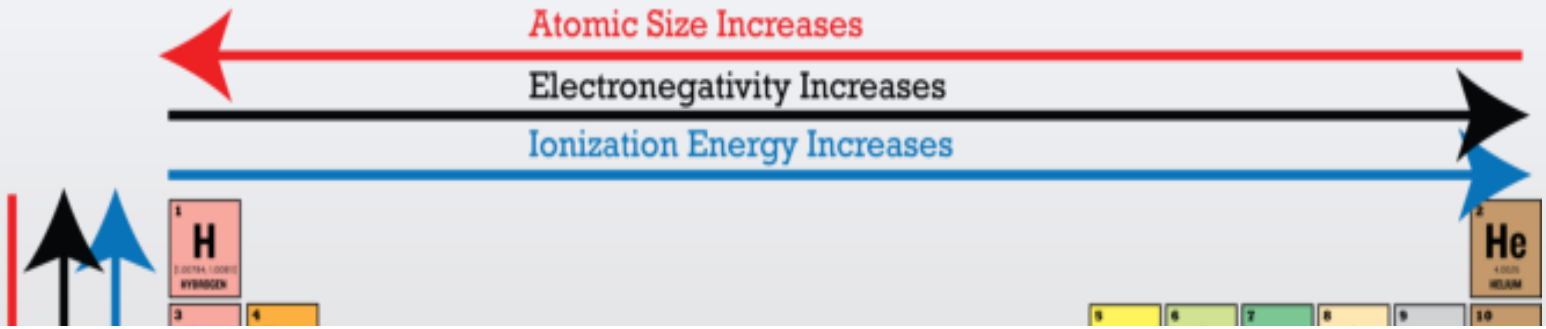
Η οξειδωτική κατάσταση ή αλλιώς αριθμός οξείδωσης του ατόμου ενός στοιχείου σε ένα σωματίδιο (μόριο ή ιόν) αναφέρεται σε ένα ηλεκτρικό φορτίο. Το φορτίο αυτό συμπίπτει με το πραγματικό φορτίο του ατόμου μόνο στην περίπτωση των μονοατομικών ιόντων (Na^{+}, Mg^{2+}, Al^{3+}, κ.λ.π.) που συμμετέχουν σε έναν ιοντικό δεσμό. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, ο αριθμός οξείδωσης δεν είναι παρά ένα καθαρά υποθετικό φορτίο, το οποίο αποδίδεται στο άτομο θεωρώντας όλους τους δεσμούς σαν ιοντικούς. Με άλλα λόγια, το φορτίο που θα είχε το άτομο, αν τα ηλεκτρόνια από κάθε δεσμό, στον οποίο συμμετέχει, αποδίδονταν εξ ολοκλήρου στο πιο ηλεκτραρνητικό άτομο, π.χ.:

Μόριο νερού



πραγματικά φορτία αριθμοί οξείδωσης

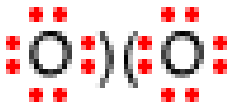
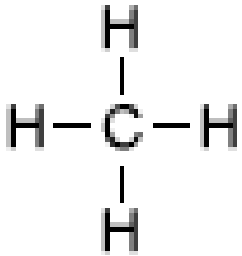
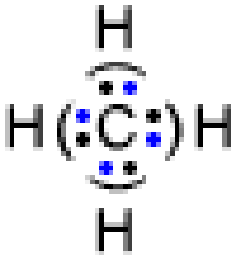
Περιοδικός Πίνακας



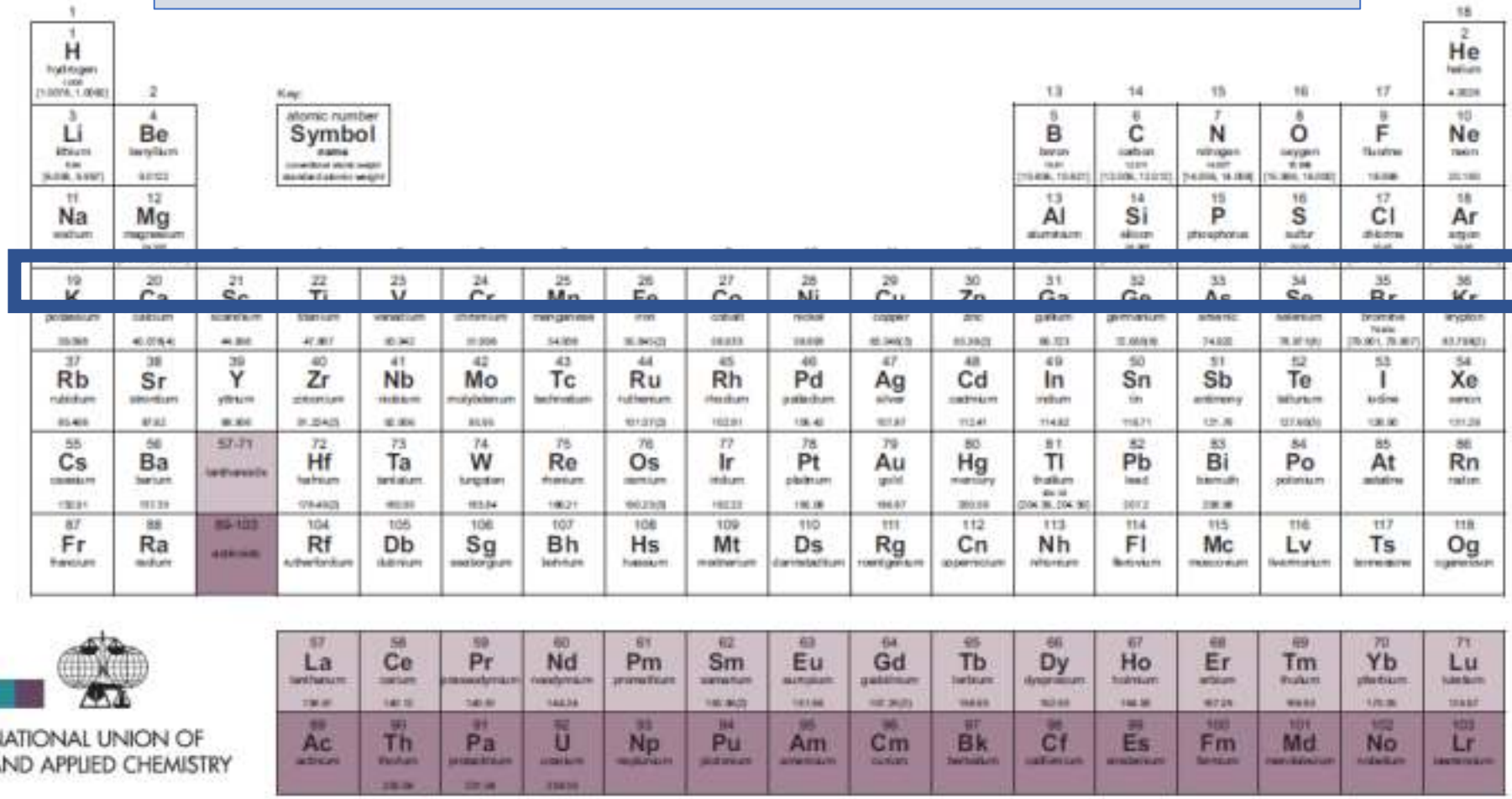
Σύμφωνα με τα παραπάνω, για να βρούμε τους αριθμούς οξείδωσης των διαφόρων στοιχείων πρέπει να γνώριζουμε τόσο την τιμή ηλεκτραρνητικότητας όσο και την ηλεκτρονιακή τους δομή. Έτσι, για να βρούμε τον αριθμό οξείδωσης ενός στοιχείου σε μία ομοιοπολική ένωση ή ένα πολυατομικό ιόν, θα έπρεπε:

1. να γράψουμε τον ηλεκτρονιακό τύπο κατά Lewis της ένωσης ή του ιόντος
2. χρησιμοποιώντας έναν πίνακα με τις τιμές ηλεκτραρνητικότητας των στοιχείων, να αποδώσουμε τα ηλεκτρόνια του κοινού ζεύγους ή των κοινών ζευγών στο πιο ηλεκτραρνητικό άτομο <u>και</u>
3. με βάση την κατανομή αυτή των δεσμικών ηλεκτρονίων, να υπολογίσουμε το (υποθετικό) φορτίο του ατόμου στην ένωση ή το ιόν και, κατά συνέπεια, τον αριθμό οξείδωσης του στοιχείου, π.χ.:

Περιοδικός Πίνακας

Χημική ουσία	Συντακτικός τύπος	"Φαινομενική" ιοντική δομή	Αριθμοί οξείδωσης
οξυγόνο	O=O		O: 0
υδροχλώριο	H−Cl		H: +1 Cl: -1
διοξείδιο του άνθρακα	O=C=O		C: +4 O: -2
μεθάνιο			C: -4 H: +1

Κατάταξη των στοιχείων κατά ατομικό αριθμό



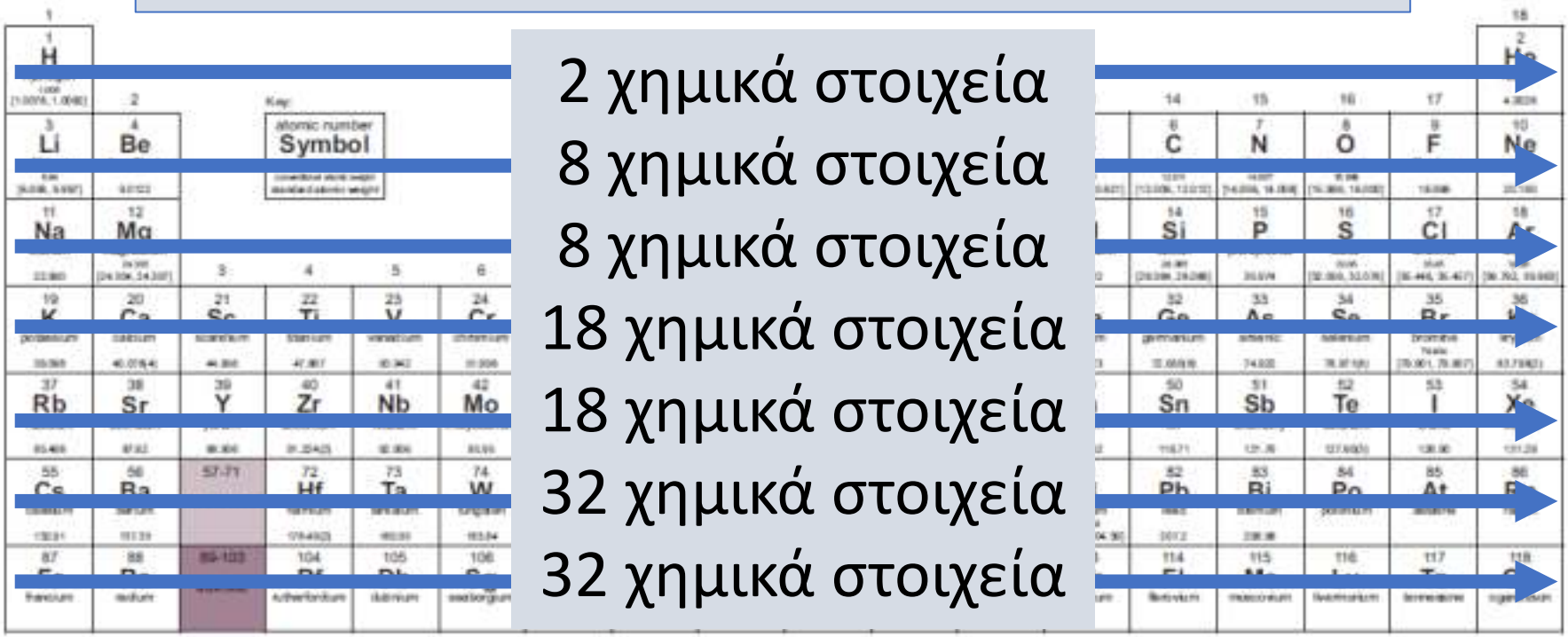
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization · International Year of the Periodic Table of Chemical Elements

7 οριζόντιες γραμμές: Περίοδοι

2 χημικά στοιχεία
8 χημικά στοιχεία
8 χημικά στοιχεία
18 χημικά στοιχεία
18 χημικά στοιχεία
32 χημικά στοιχεία
32 χημικά στοιχεία

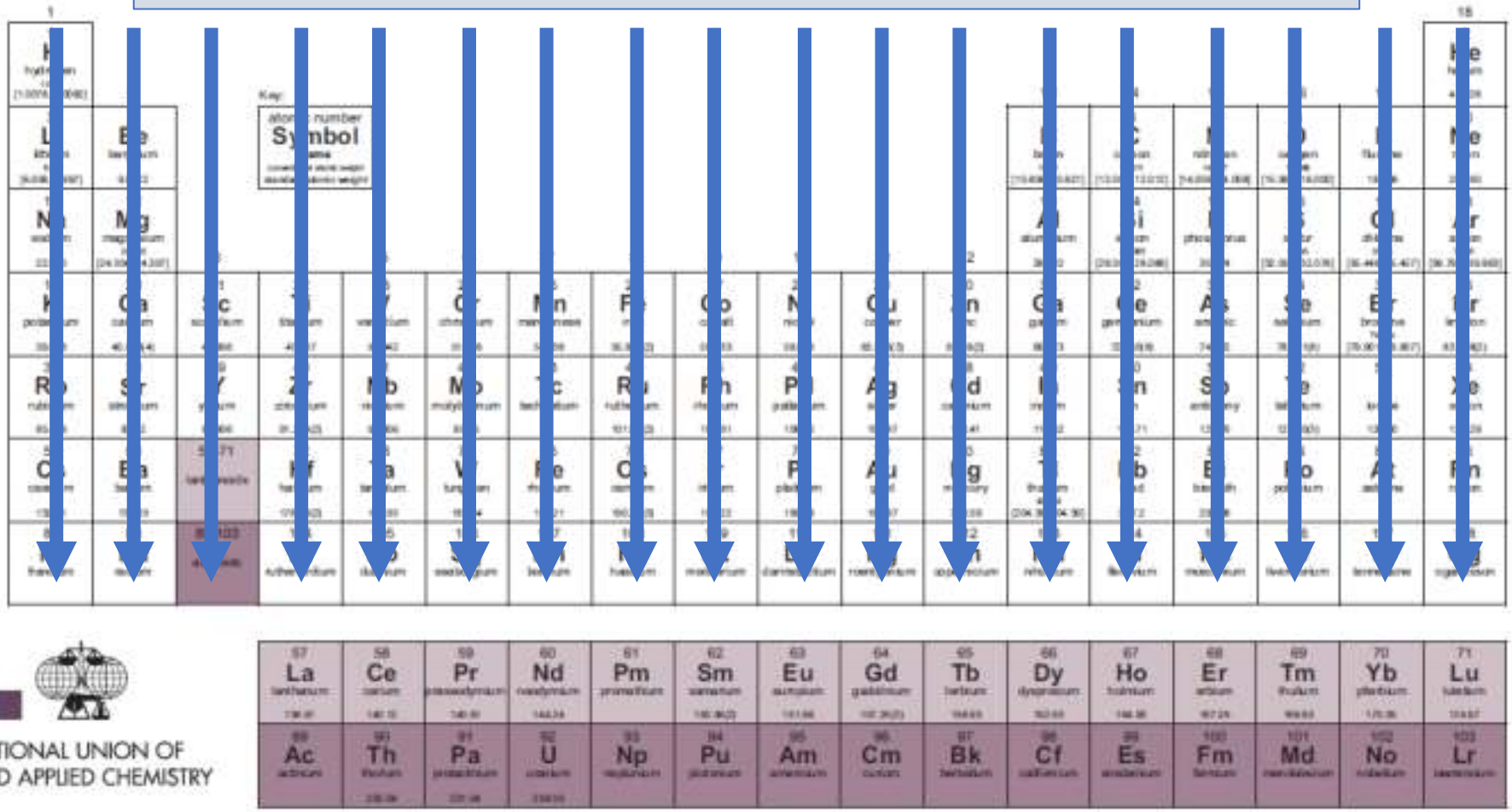


INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization · International Year of the Periodic Table of Chemical Elements

18 κατακόρυφες στήλες: Ομάδες



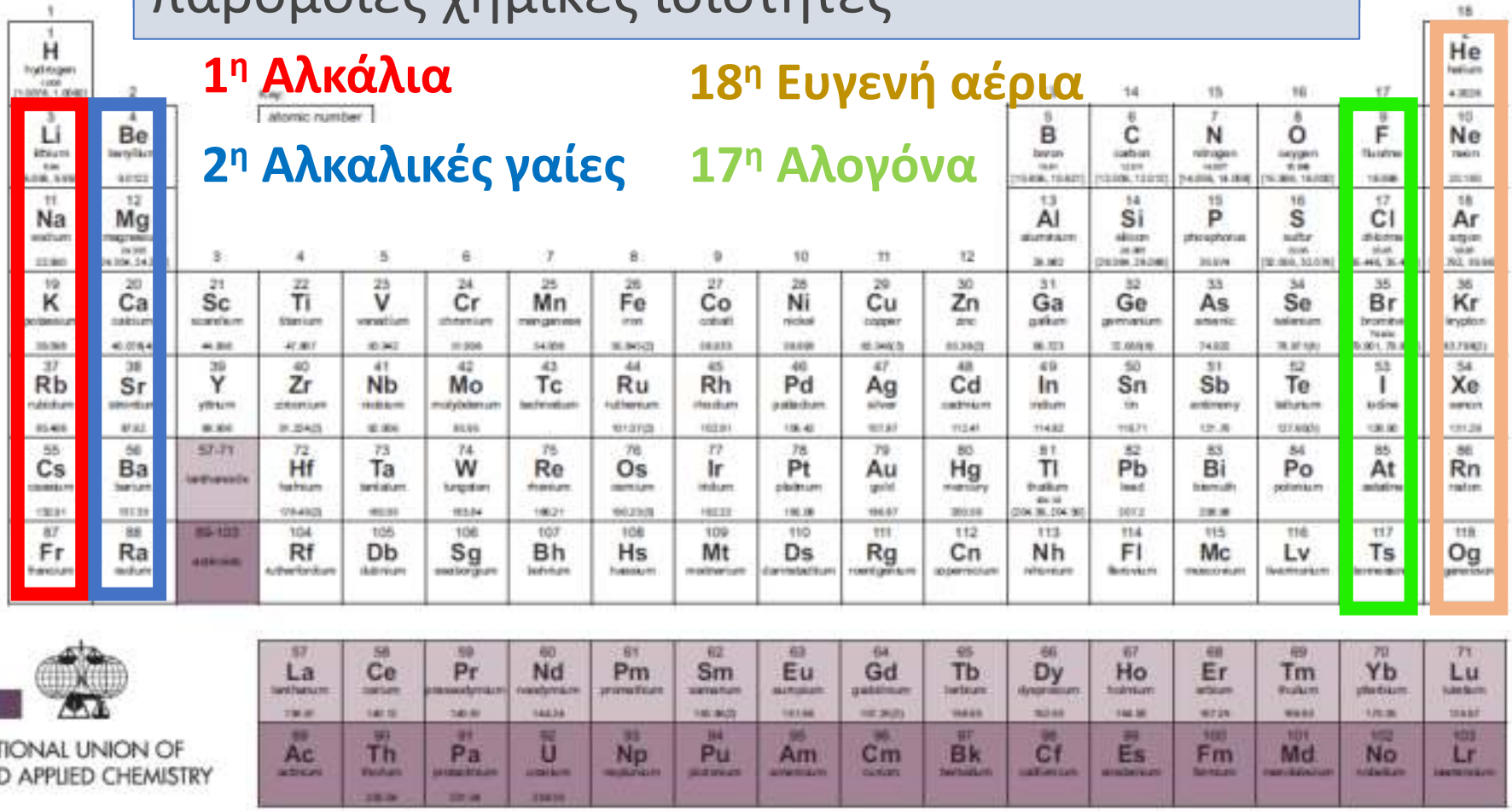
Τα στοιχεία της ίδιας ομάδας έχουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες

1η Αλκάλια

2η Αλκαλικές γαίες

18η Ευγενή αέρια

17η Αλογόνα



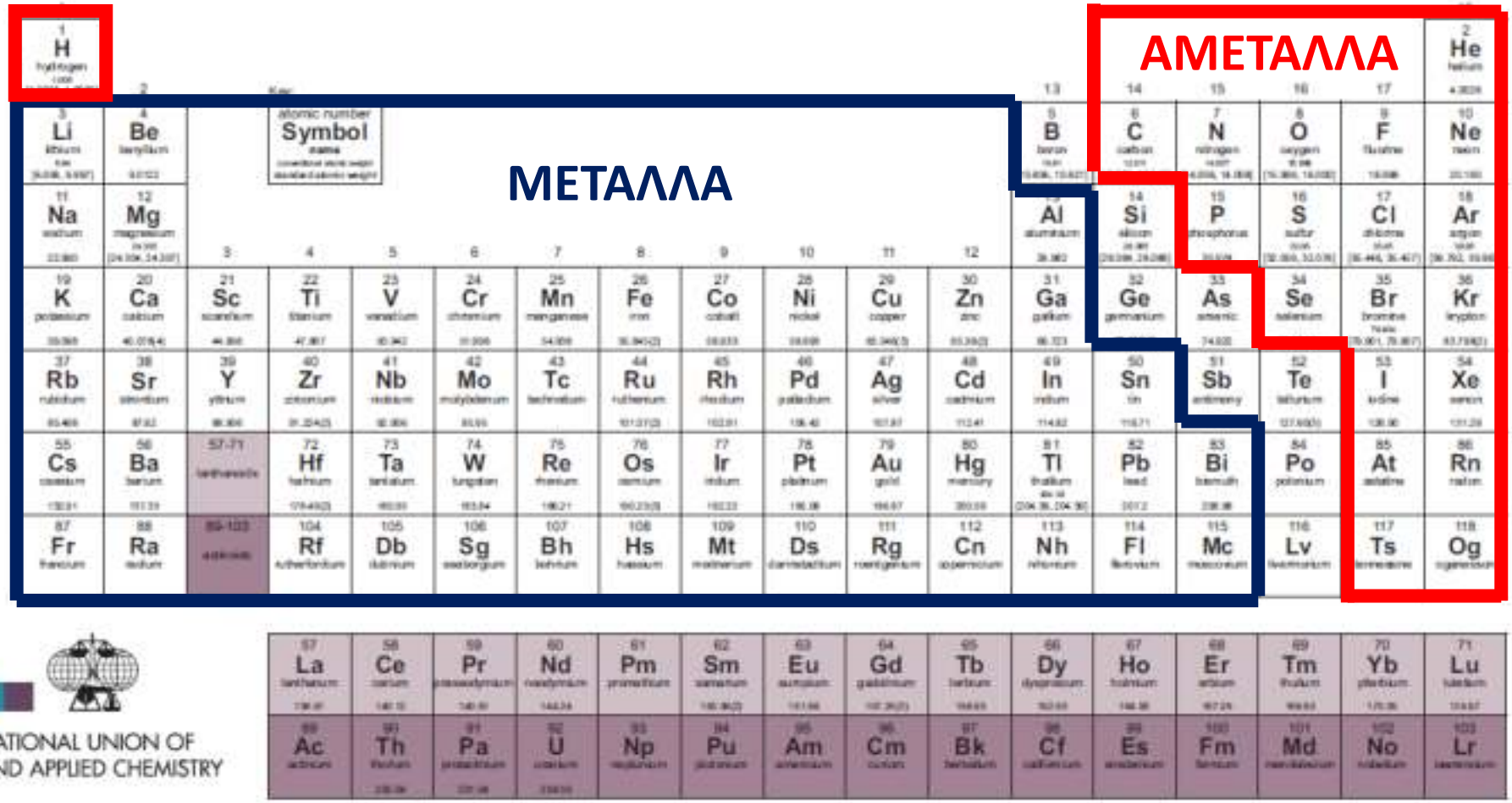
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry

Νόμος της περιοδικότητας:

Οι ιδιότητες των χημικών στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού.

IUPAC Periodic Table of the Elements



INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization · International Year of the Periodic Table of Chemical Elements

Τα αλκάλια

Τα στοιχεία της 1ης ομάδας του περιοδικού πίνακα πλην του υδρογόνου:

Λίθιο (Li)

Νάτριο (Na)

Κάλιο (K)

Ρουβίδιο (Rb)

Καίσιο (Cs)

Φράνκιο (Fr) → ασταθές τεχνητό

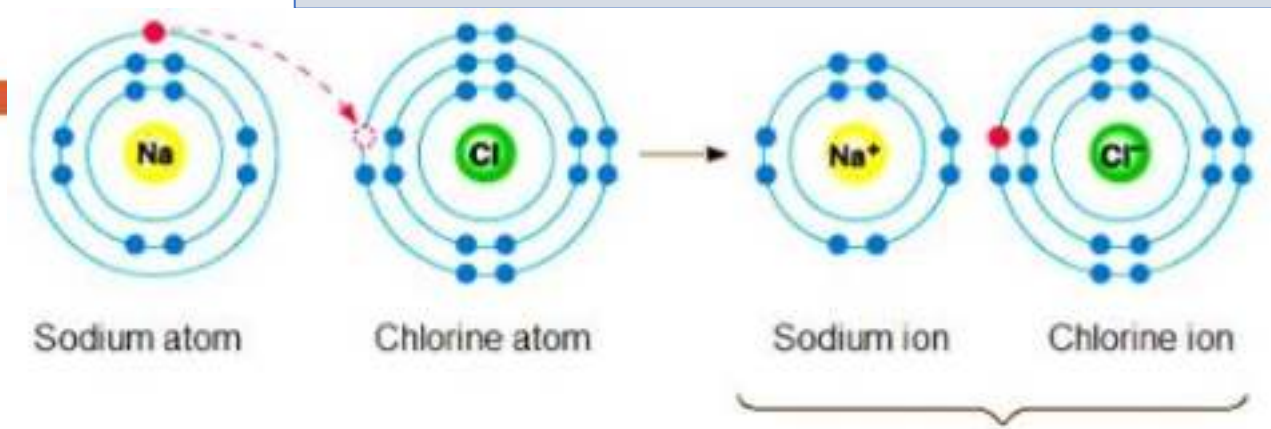
Αλκάλια

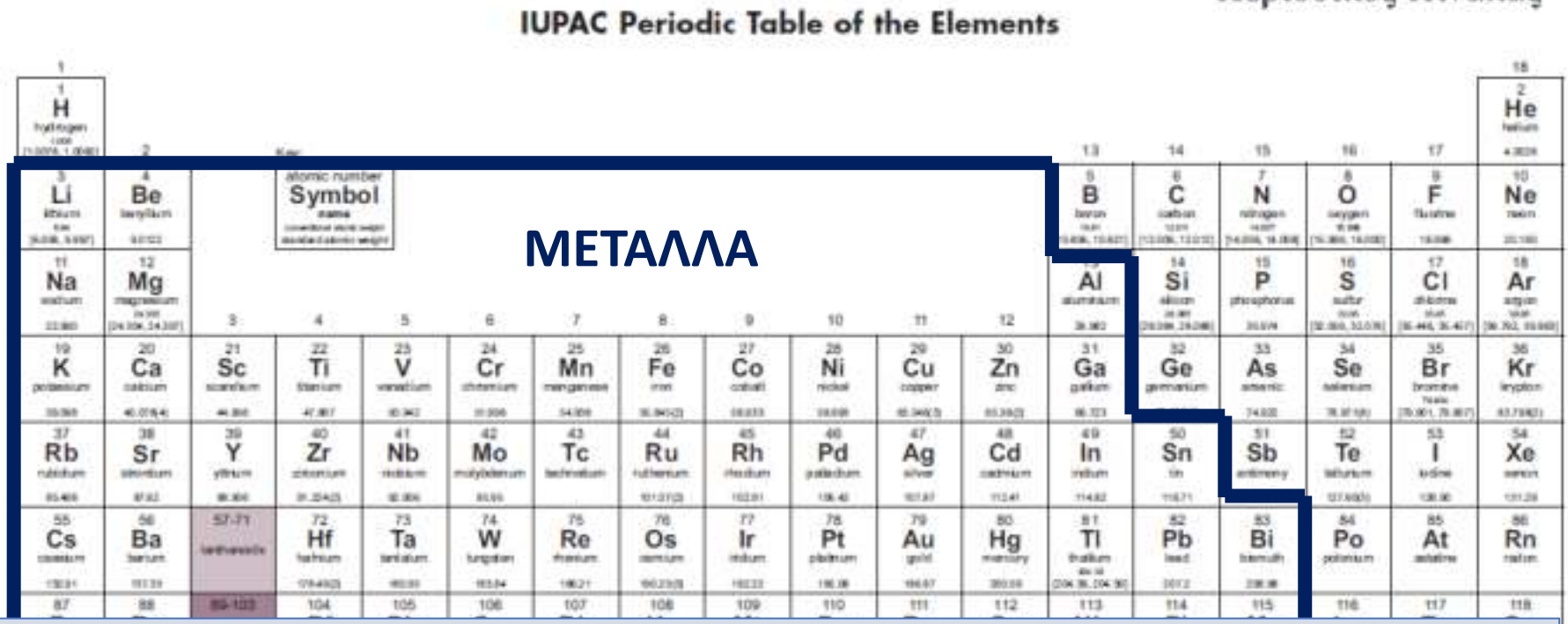
Όλα είναι δραστικά μέταλλα, γι’ αυτό τα συναντάμε σε χημικές ενώσεις, π.χ. NaCl

Τα αλκάλια

Ιδιότητες:

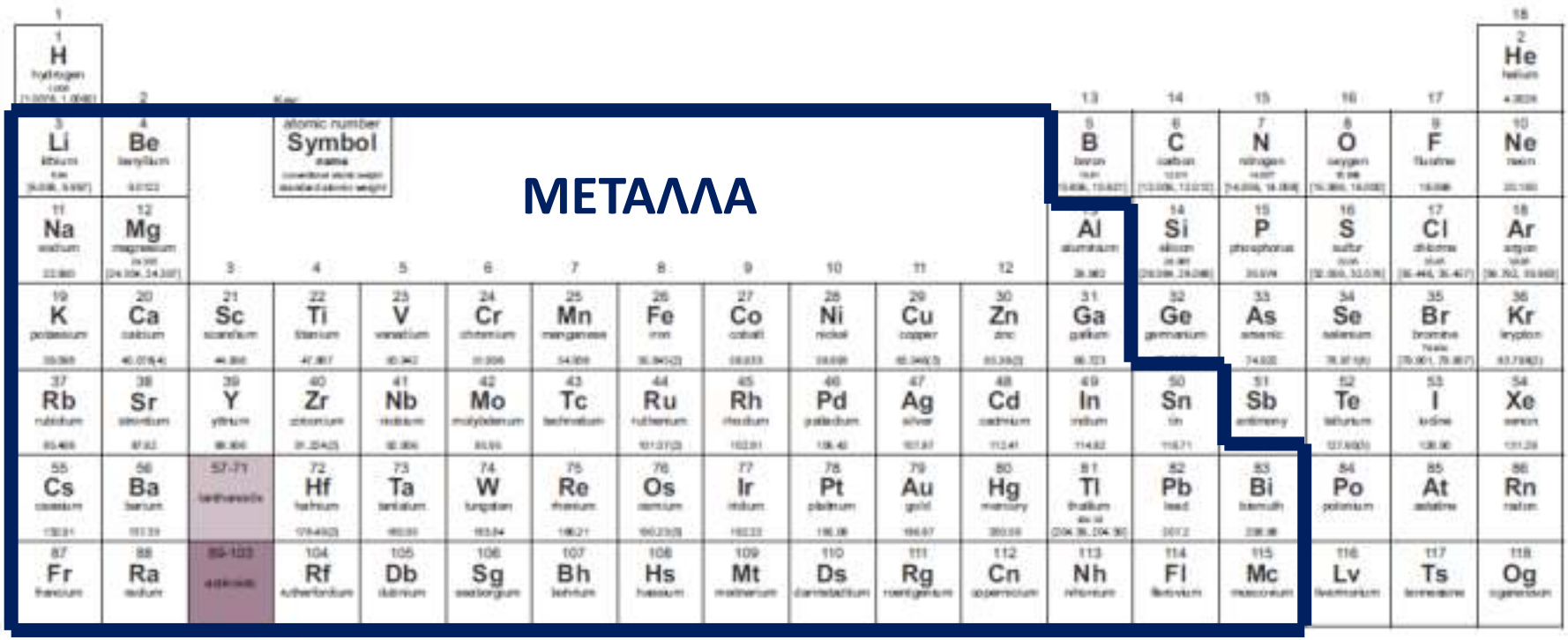
- Είναι μαλακά.
- Έχουν μικρή πυκνότητα.
- Έχουν χαμηλά σημεία τήξης.
- Οξειδώνονται εύκολα.
- Αντιδρούν με το νερό.
- Έχουν στην εξωτερική τους στιβάδα 1 ηλεκτρόνιο, το οποίο μπορεί εύκολα να αποσπαστεί από το άτομο. Έτσι προκύπτει ένα θετικά φορτισμένο ιόν με φορτίο +1.





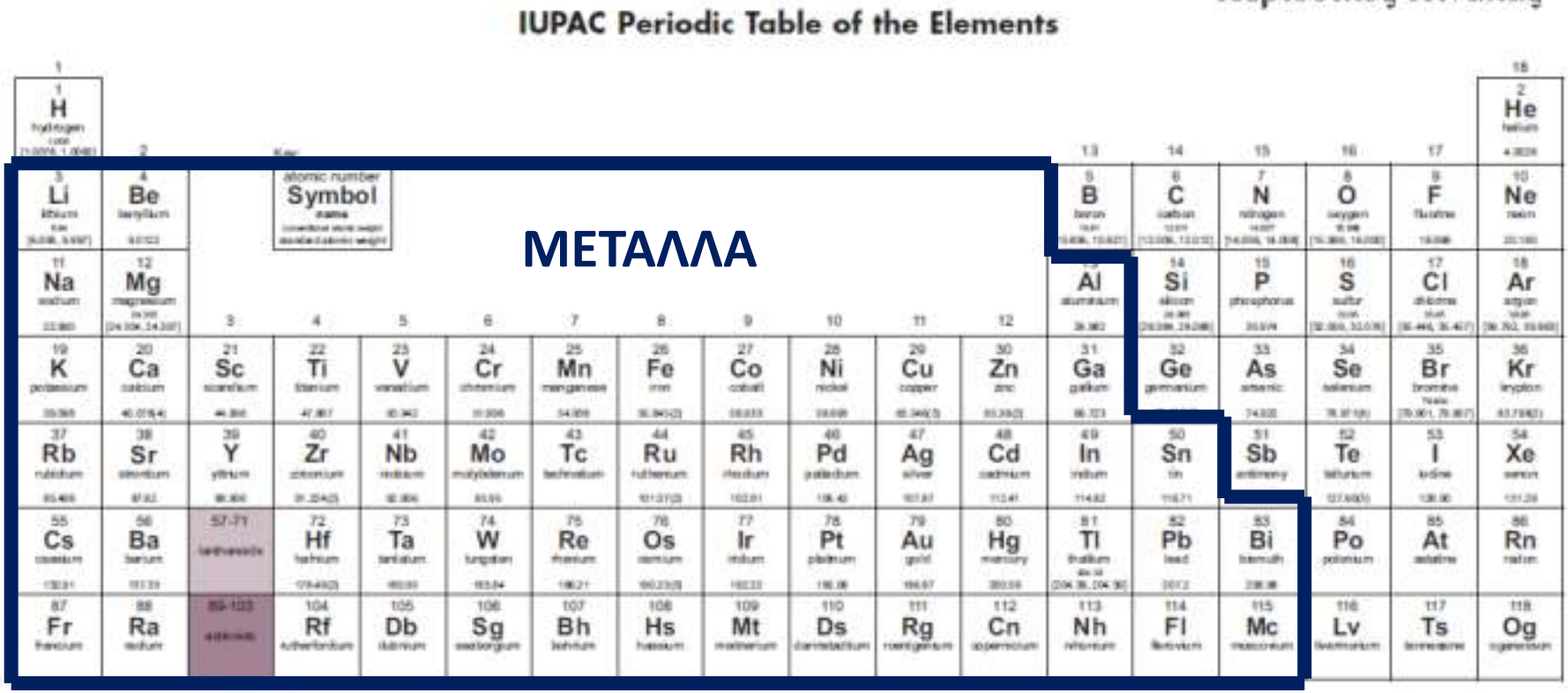
Ιδιότητες:

- Είναι μη ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι.
- Βρίσκονται στο στερεό φλοιό της γης ως ενώσεις του οξυγόνου ή του θείου.
- Υπάρχουν μέταλλα λιγότερο δραστικά (π.χ. Au, Ag) που βρίσκονται σε ελεύθερη κατάσταση.



Ιδιότητες:

- Είναι στερεά σώματα, με εξαίρεση τον υδράργυρο (Hg).
- Έχουν αργυρόλευκο χρώμα, με εξαίρεση τον χρυσό (Au) και τον χαλκό (Cu), και μεταλλική λάμψη.

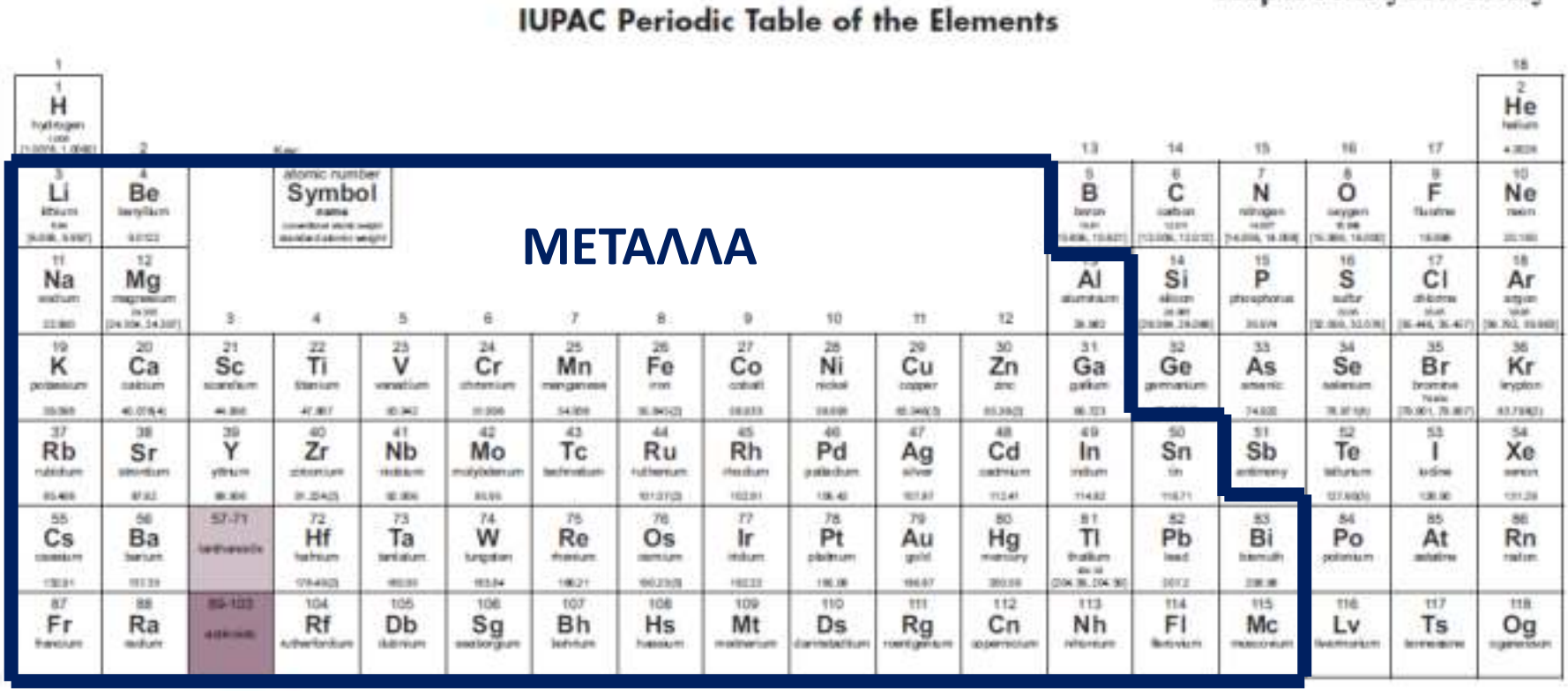


Ιδιότητες:

Έχουν μεγάλες πυκνότητες. - Εξαιρούνται τα αλκάλια (Li, Na, K).

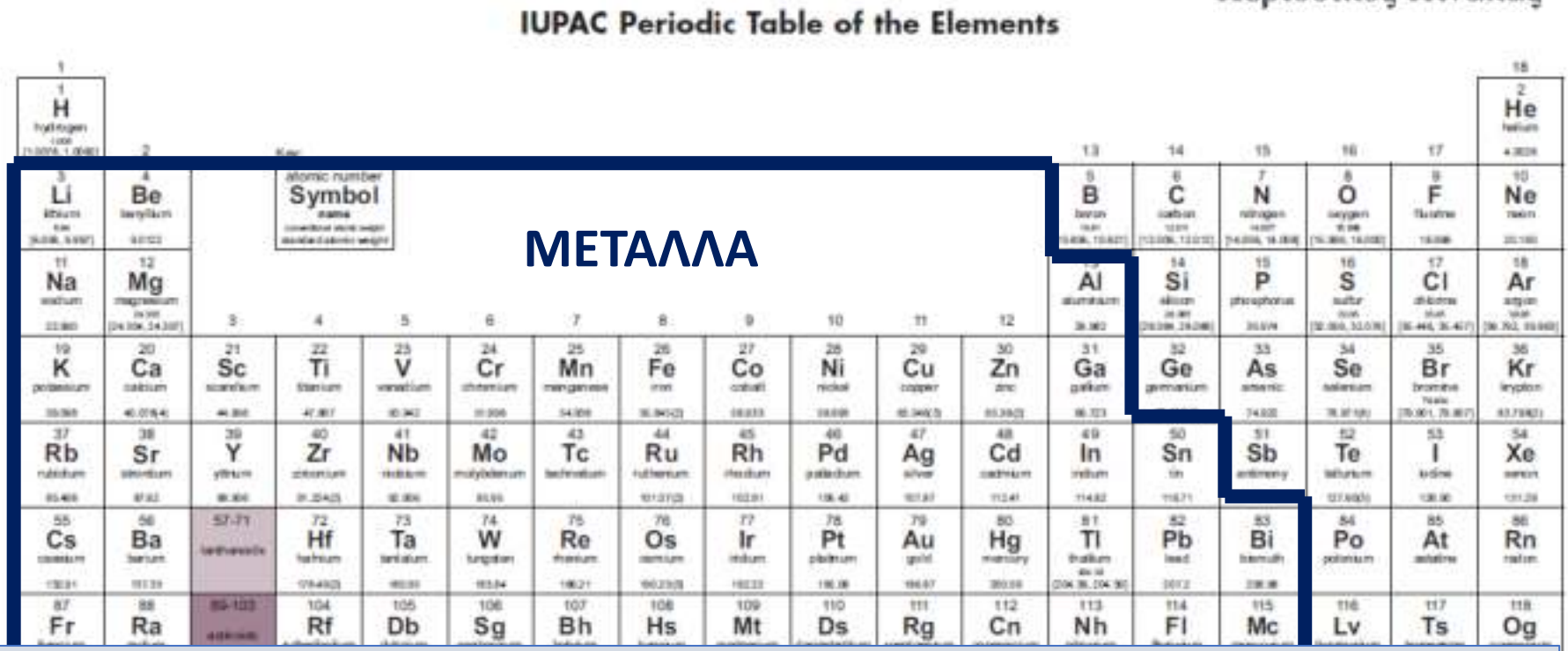
Έχουν υψηλά σημεία τήξης. - Εξαιρείται ο Hg.

Έχουν υψηλά σημεία ζέσης. - Εξαιρείται ο Hg.



Ιδιότητες:

- Είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού.
- Είναι ελατά, δηλ. μετατρέπονται σε ελάσματα.
- Είναι όλκιμα δηλ. μετατρέπονται σε σύρματα.



Κράματα:

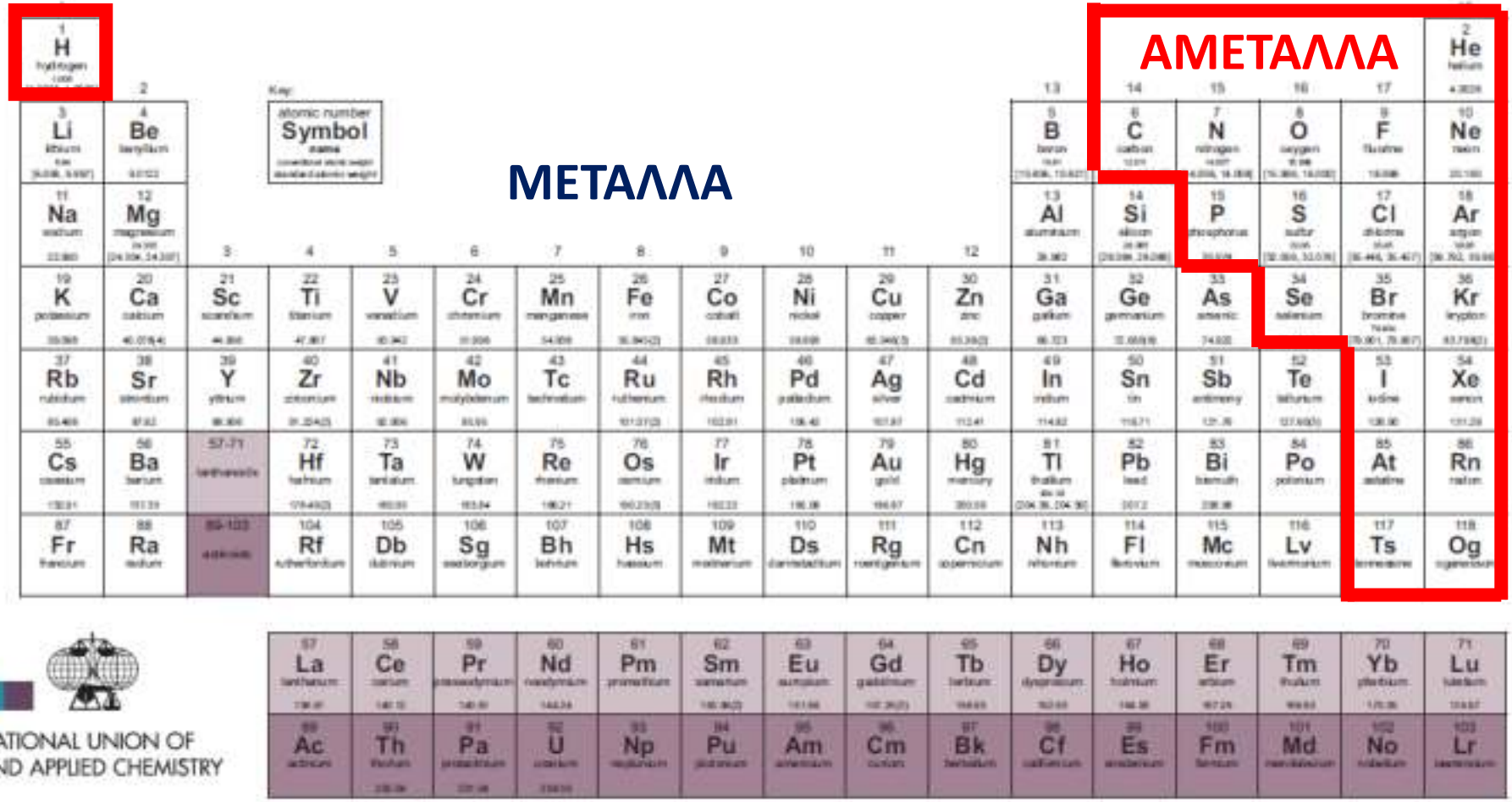
Είναι τα υλικά που αποτελούνται από δύο ή περισσότερα χημικά στοιχεία, ένα τουλάχιστον από τα οποία είναι μέταλλο και εμφανίζουν τις ιδιότητες των μετάλλων.

Π.χ. μπρούντζος = χαλκός + κασσίτερος

ορείχαλκος = χαλκός + ψευδάργυρος

χάλυβας = σίδηρος + άνθρακας

IUPAC Periodic Table of the Elements

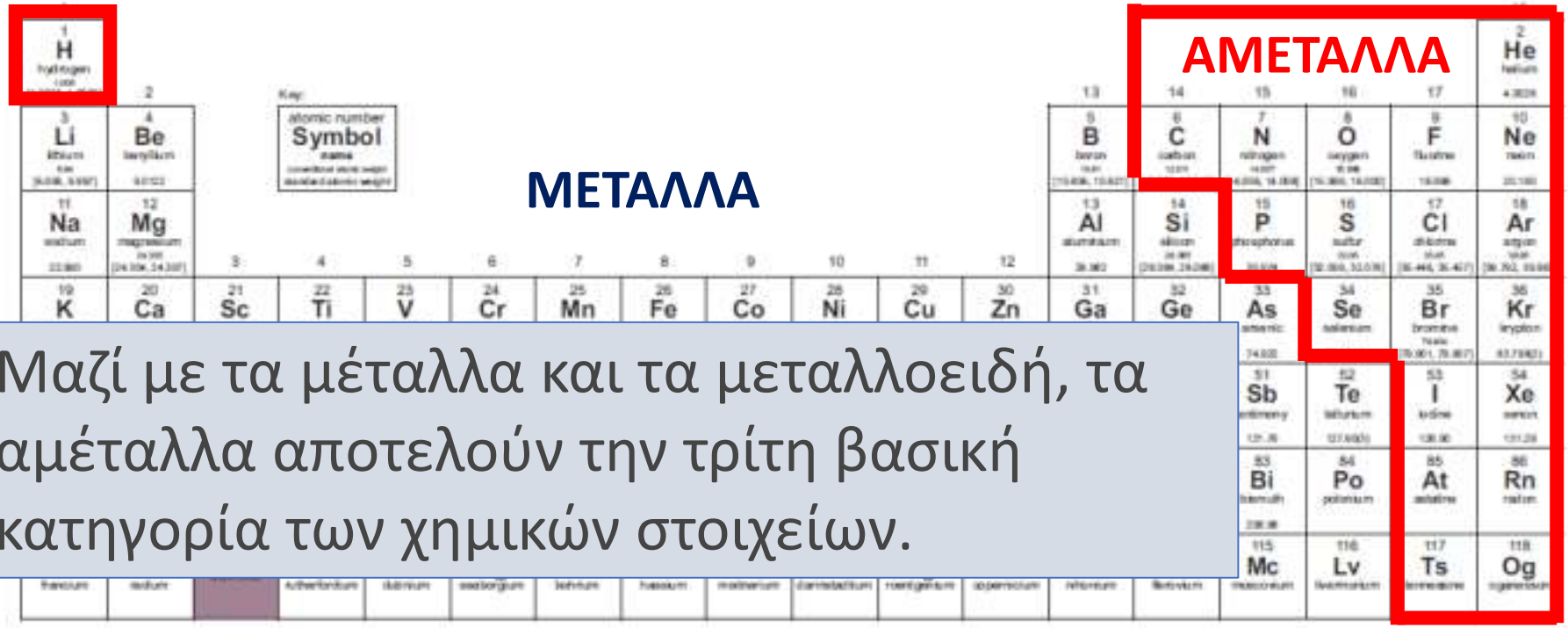


INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization · International Year of the Periodic Table of Chemical Elements

IUPAC Periodic Table of the Elements



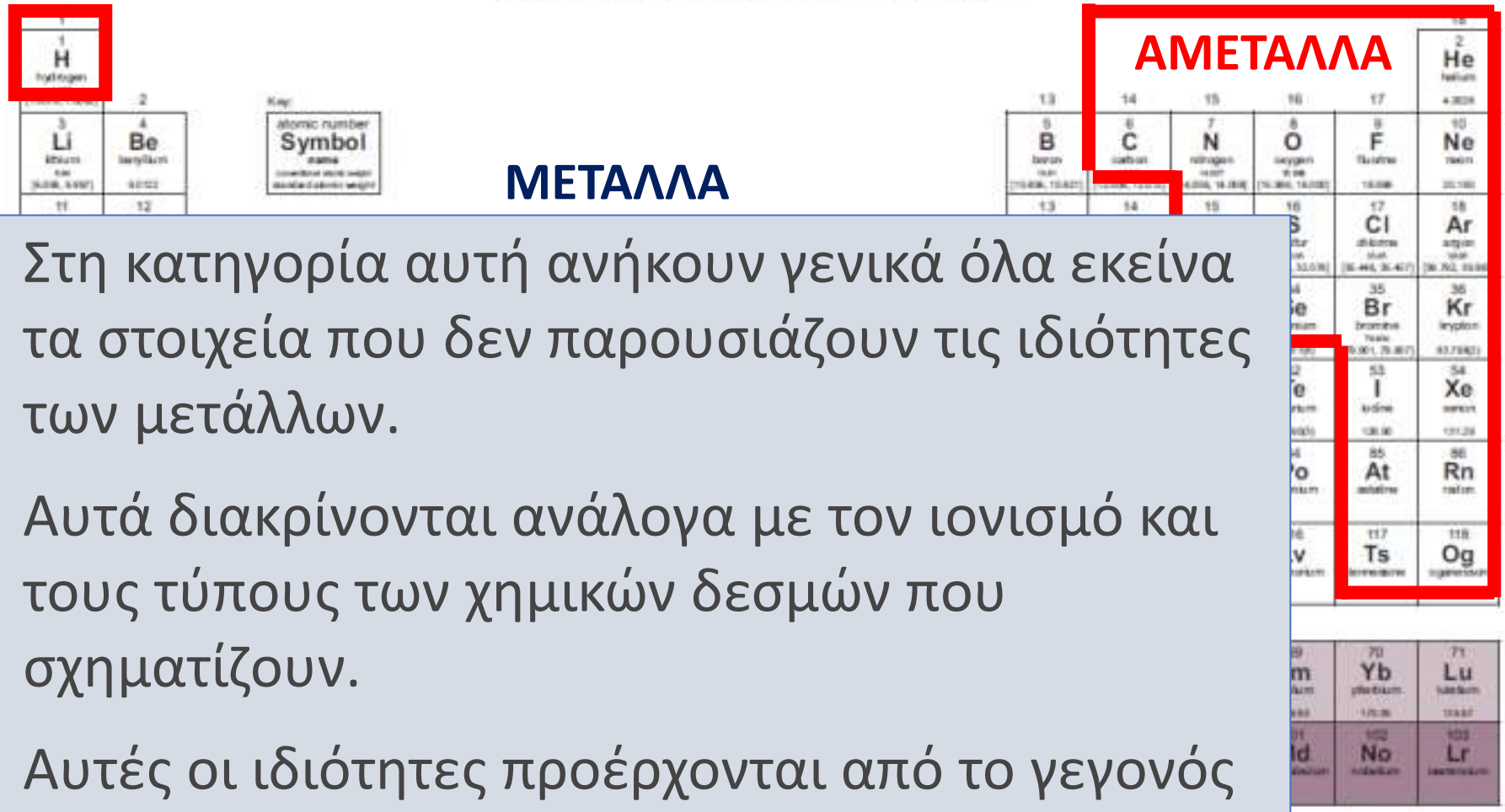
Μαζί με τα μέταλλα και τα μεταλλοειδή, τα αμέταλλα αποτελούν την τρίτη βασική κατηγορία των χημικών στοιχείων.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization · International Year of the Periodic Table of Chemical Elements

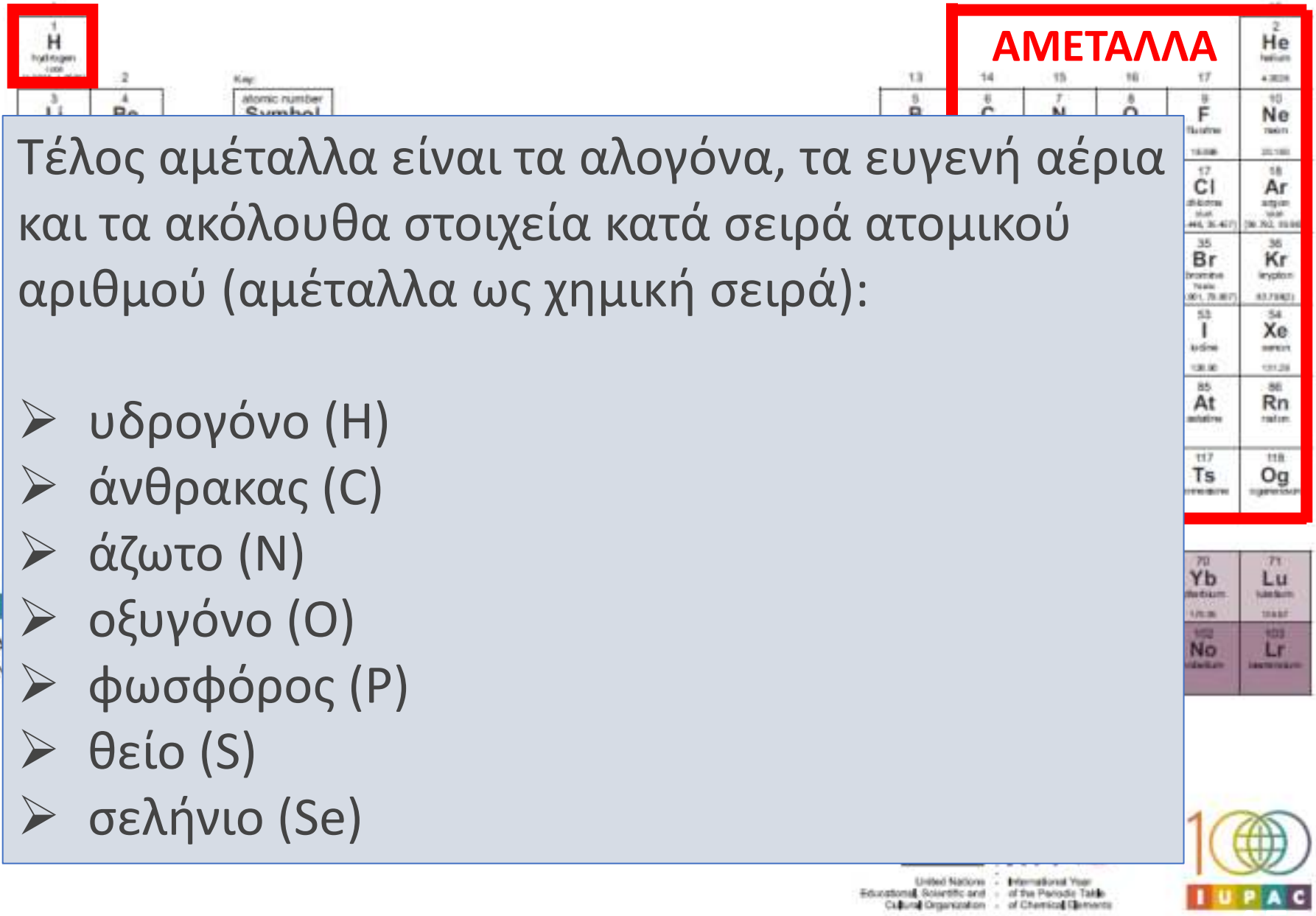
IUPAC Periodic Table of the Elements



ΜΕΤΑΛΛΑ

- Στη κατηγορία αυτή ανήκουν γενικά όλα εκείνα τα στοιχεία που δεν παρουσιάζουν τις ιδιότητες των μετάλλων.
- Αυτά διακρίνονται ανάλογα με τον ιονισμό και τους τύπους των χημικών δεσμών που σχηματίζουν.
- Αυτές οι ιδιότητες προέρχονται από το γεγονός ότι τα αμέταλλα είναι ιδιαίτερα ηλεκτραρνητικά, δηλαδή κερδίζουν ηλεκτρόνια σθένους από άλλα άτομα ευκολότερα από ότι δίνουν.

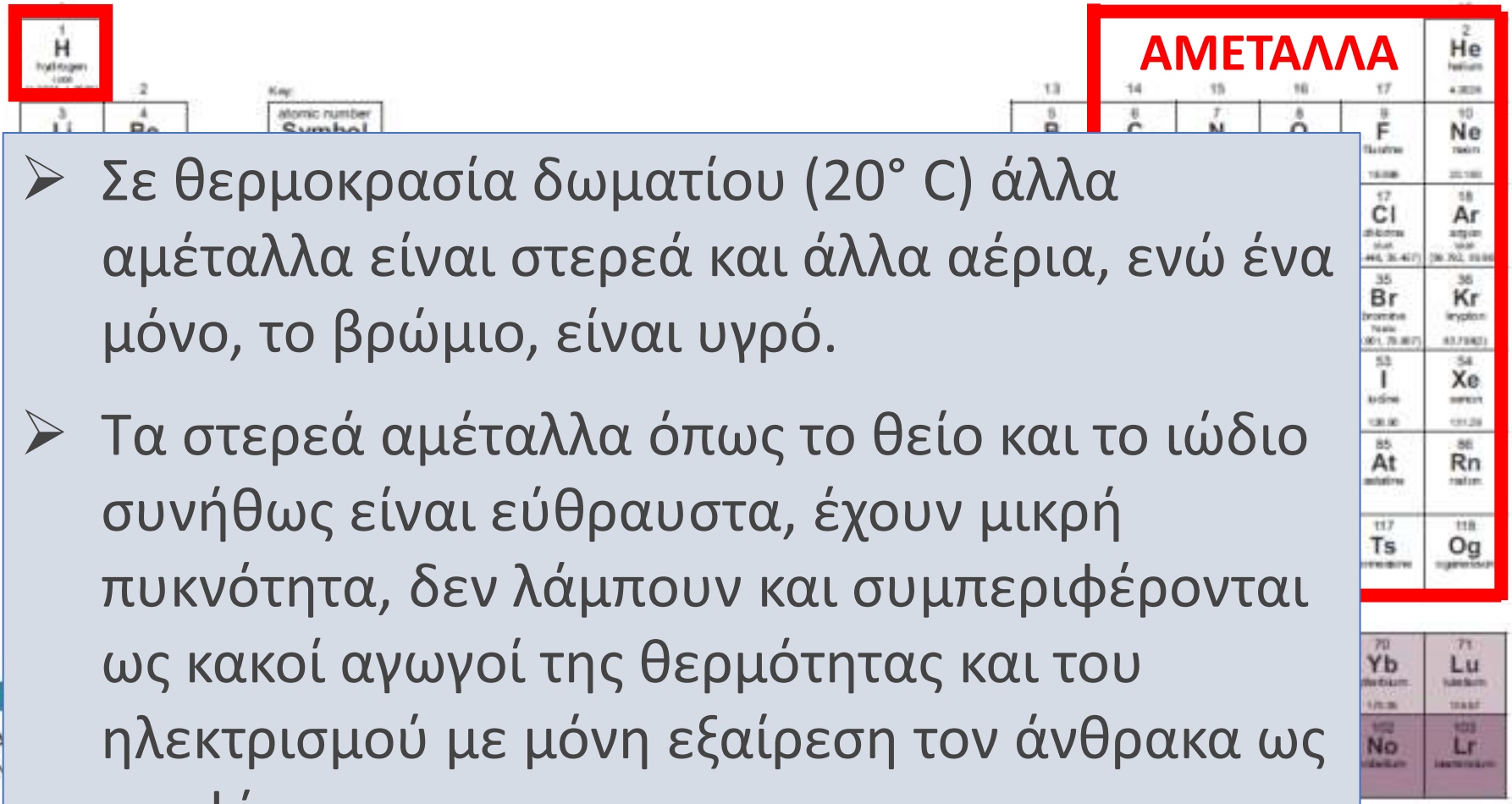
IUPAC Periodic Table of the Elements



Τέλος αμέταλλα είναι τα αλογόνα, τα ευγενή αέρια και τα ακόλουθα στοιχεία κατά σειρά ατομικού αριθμού (αμέταλλα ως χημική σειρά):

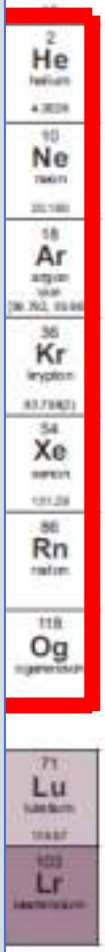
- υδρογόνο (H)
- άνθρακας (C)
- άζωτο (N)
- οξυγόνο (O)
- φωσφόρος (P)
- θείο (S)
- σελήνιο (Se)

IUPAC Periodic Table of the Elements

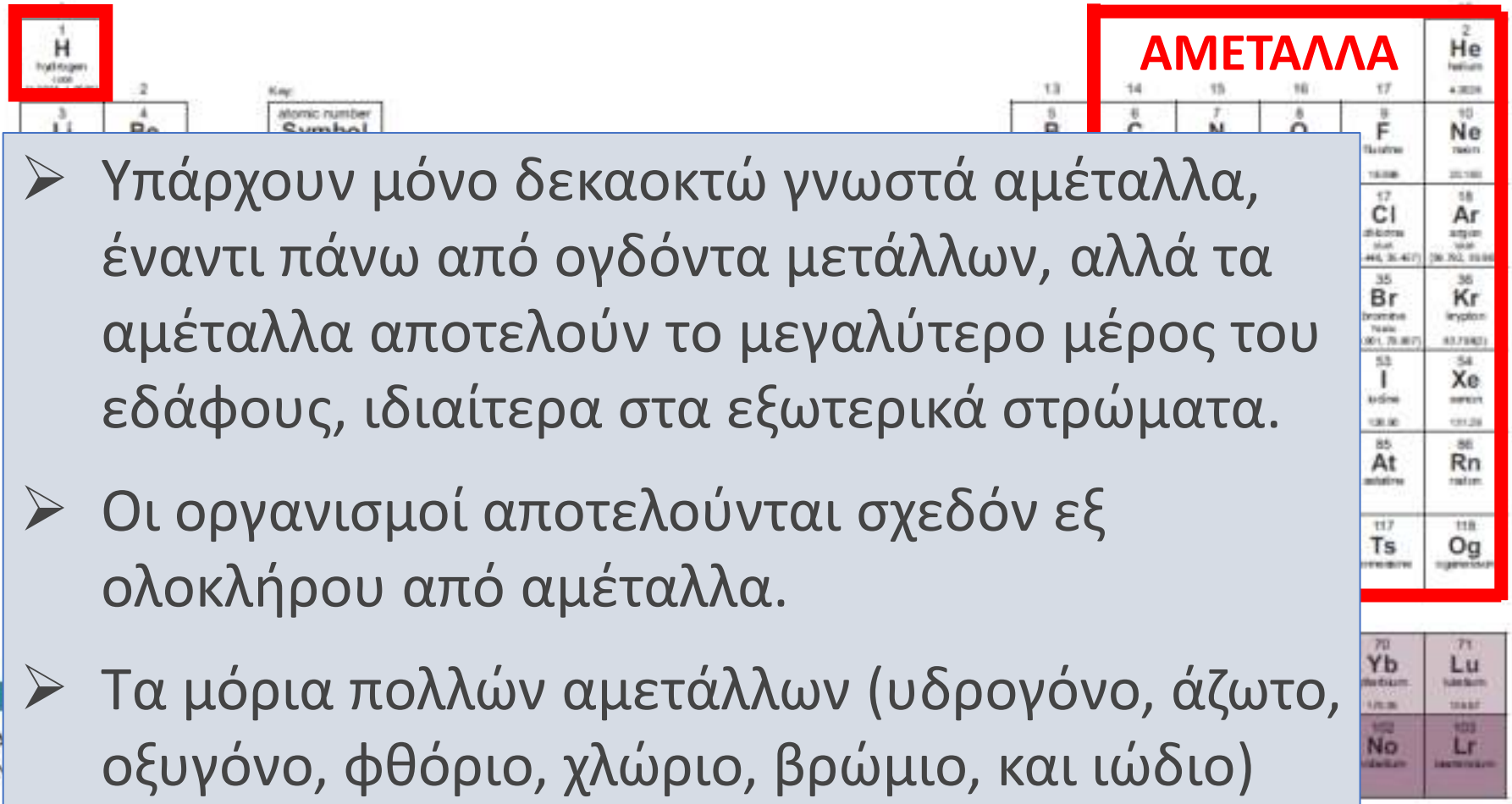


- Σε θερμοκρασία δωματίου (20° C) άλλα αμέταλλα είναι στερεά και άλλα αέρια, ενώ ένα μόνο, το βρώμιο, είναι υγρό.
- Τα στερεά αμέταλλα όπως το θείο και το ιώδιο συνήθως είναι εύθραυστα, έχουν μικρή πυκνότητα, δεν λάμπουν και συμπεριφέρονται ως κακοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού με μόνη εξαίρεση τον άνθρακα ως γραφίτης.

- Τα περισσότερα αμέταλλα βρίσκονται στο επάνω δεξιά μέρος του περιοδικού πίνακα.
- Εξαίρεση είναι το υδρογόνο, που τοποθετείται συνήθως στο πάνω αριστερά με τα αλκαλικά μέταλλα, αλλά συμπεριφέρεται ως αμέταλλο στις περισσότερες περιπτώσεις.
- Αντίθετα από τα μέταλλα, που είναι ηλεκτρικά αγώγιμα, ένα αμέταλλο μπορεί να είναι μονωτής ή ημιαγωγός.
- Τα αμέταλλα μπορούν να διαμορφώσουν ιοντικούς δεσμούς με μέταλλα με απόκτηση ηλεκτρονίων, ή ομοιοπολικούς δεσμούς με άλλα αμέταλλα.
- Τα οξείδια των αμέταλλων είναι όξινα.



IUPAC Periodic Table of the Elements

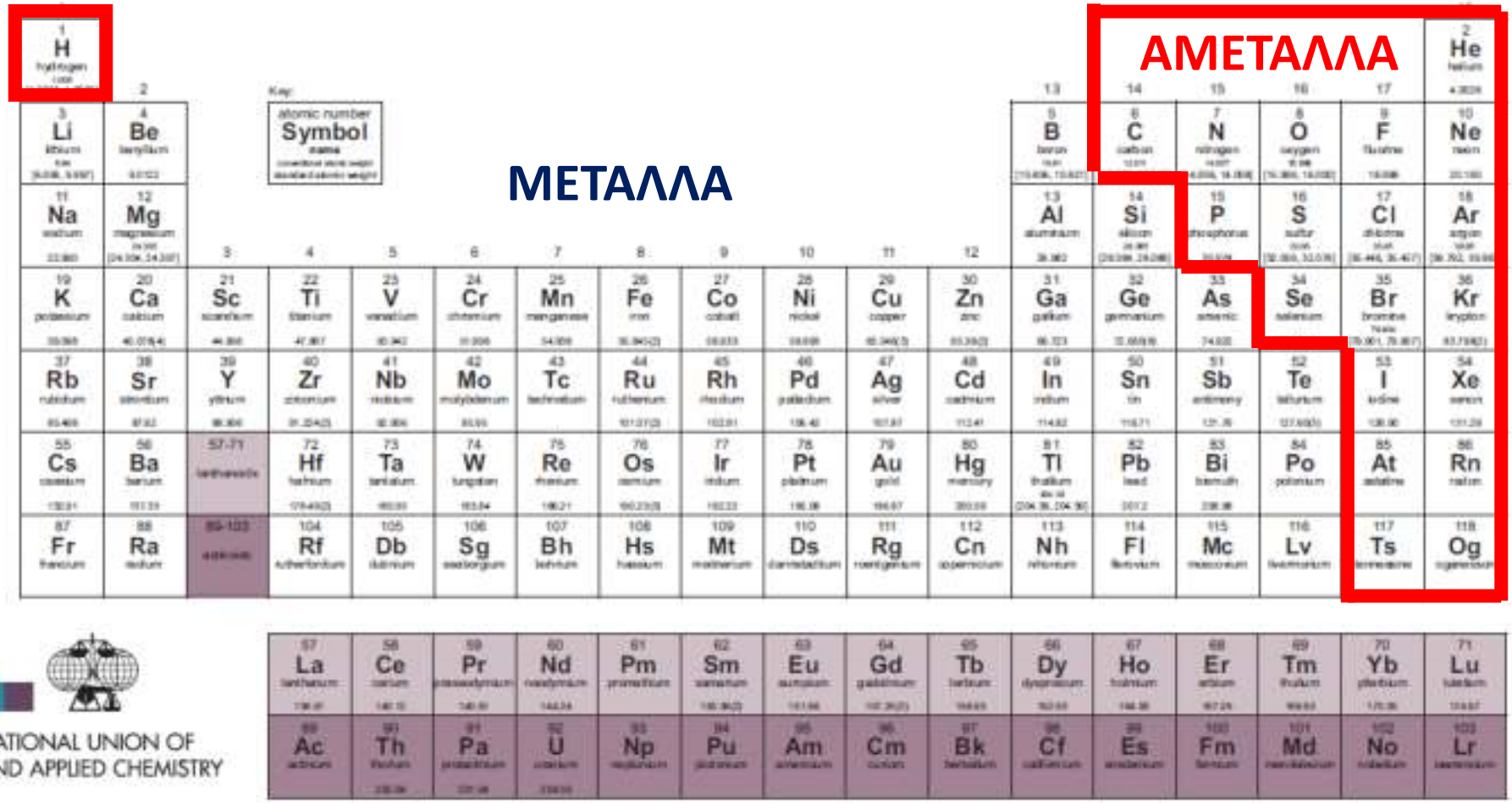


- Υπάρχουν μόνο δεκαοκτώ γνωστά αμέταλλα, έναντι πάνω από ογδόντα μετάλλων, αλλά τα αμέταλλα αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του εδάφους, ιδιαίτερα στα εξωτερικά στρώματα.
- Οι οργανισμοί αποτελούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από αμέταλλα.
- Τα μόρια πολλών αμετάλλων (υδρογόνο, άζωτο, οξυγόνο, φθόριο, χλώριο, βρώμιο, και ιώδιο) είναι διατομικά, και το μεγαλύτερο μέρος των υπολοίπων είναι πολυατομικά.

IUPAC Periodic Table of the Elements

- Η σειρά δραστικότητας των αμετάλλων είναι η εξής:
- Φθόριο (F),
- Οξυγόνο (O),
- Άζωτο (N),
- Χλώριο (Cl),
- Βρώμιο (Br),
- Ιώδιο (I),
- Θείο (S),
- Άνθρακας (C),
- Φωσφόρος (P),
- Υδρογόνο (H)

IUPAC Periodic Table of the Elements



INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization · International Year of the Periodic Table of Chemical Elements

Δομή περιοδικού πίνακα και ηλεκτρονιακή δόμηση των ατόμων

- Νόμος περιοδικότητας: «η χημική συμπεριφορά των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού».
- Ο αριθμός των στιβάδων που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη ηλεκτρονιακή δόμηση του ατόμου ενός στοιχείου καθορίζει τον αριθμό της περιόδου στην οποία ανήκει το στοιχείο.
- Ο αριθμός των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας (ηλεκτρόνια σθένους) καθορίζει τον αριθμό της πρωτεύουσας ομάδας που ανήκει το στοιχείο.

Δομή περιοδικού πίνακα και ηλεκτρονιακή δόμηση των ατόμων

Π.χ. $_7N$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$

K:2e L:5e

- Χρησιμοποιεί 2 στιβάδες (K, L), άρα ανήκει στη $2^η$ περίοδο του περιοδικού πίνακα.
- Έχει 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα, άρα ανήκει στην $5^η$ κύρια ομάδα (VA) του περιοδικού πίνακα.

Τομείς του περιοδικού πίνακα

Τομέας του περιοδικού πίνακα είναι ένα σύνολο στοιχείων των οποίων τα άτομα έχουν τα τελευταία τους ηλεκτρόνια στον ίδιο τύπο υποστιβάδας π.χ. s, p, d ή f.

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 ←	9 VIIIB	→ 10	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
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	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Τομέας s

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 ←	9 VIIIB	10 →	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
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	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Περιλαμβάνει δύο κύριες ομάδες του περιοδικού πίνακα. Υδρογόνο, ήλιο, αλκάλια (Na, K κλπ.) και αλκαλικές γαίες (Ca, Mg κλπ.).

τομείς :	s^1	s^2
αρίθμηση:	IA	IIA
νέα αρίθμηση:	*1*	*2*

Τομέας p

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 ←	9 VIIIB	10 →	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
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	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Έχει το πολύ 6e γι' αυτό και περιλαμβάνει έξι κύριες ομάδες στοιχείων.

τομείς :	p^1	p^2	p^3	p^4	p^5	p^6
αρίθμηση:	IIIA	VIA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
νέα αρίθμηση:	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*

Τομέας d

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 ←	9 VIIIB	10 →	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
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	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Περιλαμβάνει τα στοιχεία μετάπτωσης. Η υποστιβάδα d χωράει 10e γι' αυτό και ο τομέας d έχει 10 ομάδες (δευτερεύουσες ομάδες).

τομείς :	d^1	d^2	d^3	d^4		d^{10}
αρίθμηση:	IIIB	VIB	VB	VIB	…	IIB
νέα αρίθμηση:	*3*	*4*	*5*	*6*		*12*

Τομέας f

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 ←	9 VIIIB	10 →	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
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	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

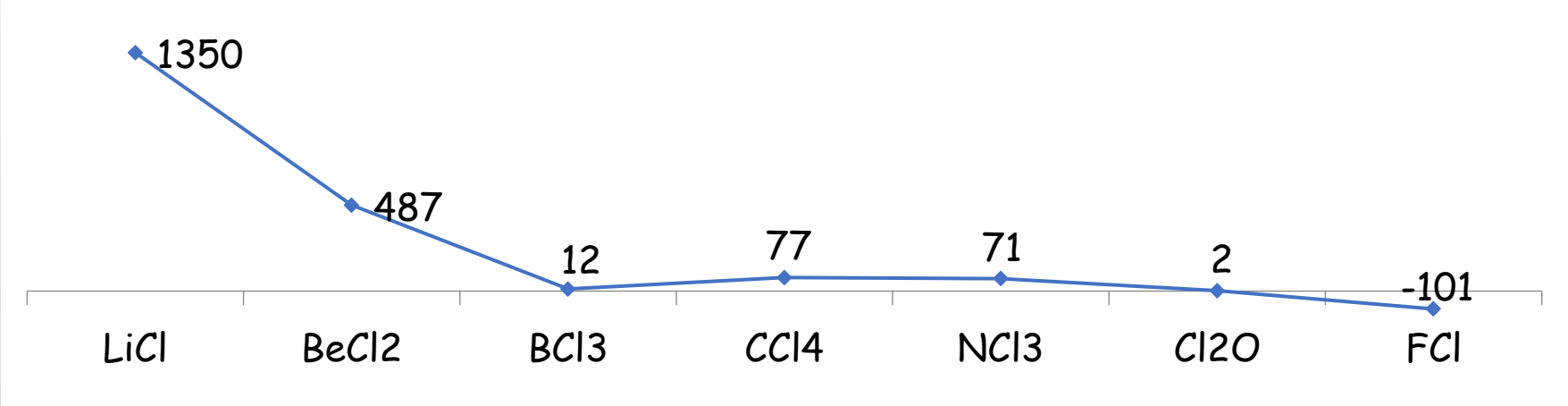
Περιλαμβάνει στοιχεία των οποίων το τελευταίο ηλεκτρόνιο ανήκει σε υποστιβάδα f, άρα 14 ομάδες.

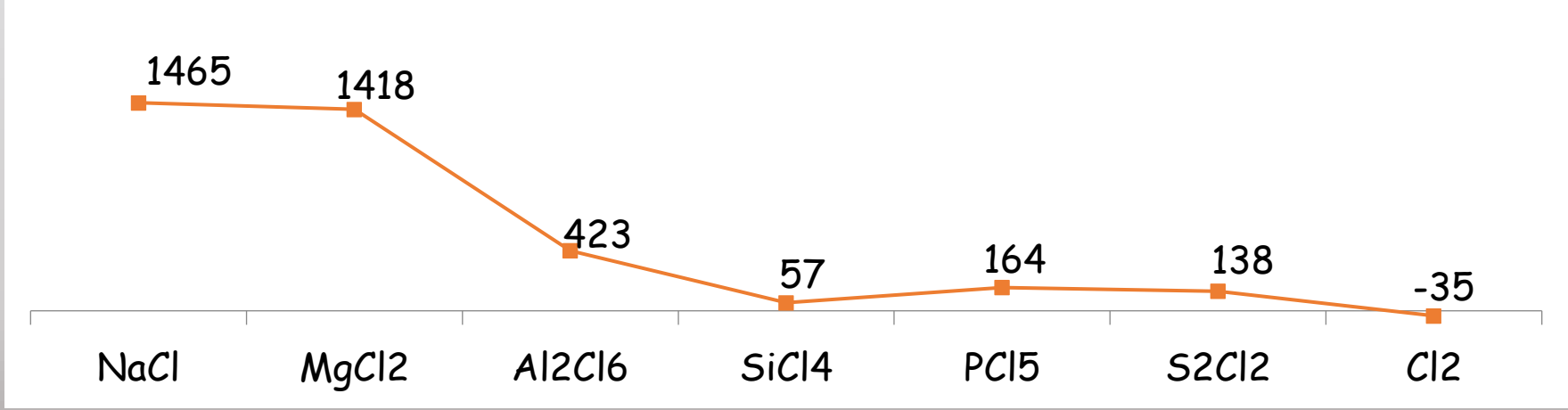
Λανθανίδες:	$6^η$ περίοδος	ατομικοί αριθμοί 58-71
Ακτινίδες:	$7^η$ περίοδος	ατομικοί αριθμοί 90-103

Περιοδική τάση των στοιχείων

Κατά μήκος μιας περιόδου, ορισμένες ιδιότητες των στοιχείων και των ενώσεων τους μεταβάλλονται προοδευτικά. Όταν αλλάζουμε περίοδο, τα στοιχεία ή οι ενώσεις τους, που αντιστοιχούν στην ίδια ομάδα έχουν παραπλήσιες ιδιότητες.

Σημεία τήξης των χλωριδίων των στοιχείων 2ης και 3ης ομάδας





Στοιχεία μετάπτωσης (1η σειρά)

Στην 4η περίοδο υπάρχουν και στοιχεία του d τομέα.

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 ← VIIIB	9	10 →	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
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	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Στοιχεία μετάπτωσης (1η σειρά)

Δεν έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των ιδιοτήτων τους επειδή το τελευταίο ηλεκτρόνιο εισέρχεται σε εσωτερική υποστιβάδα, δηλαδή στην 3d, ενώ η 4η στιβάδα σε όλα σχεδόν αυτά τα στοιχεία παραμένει με δύο ηλεκτρόνια.

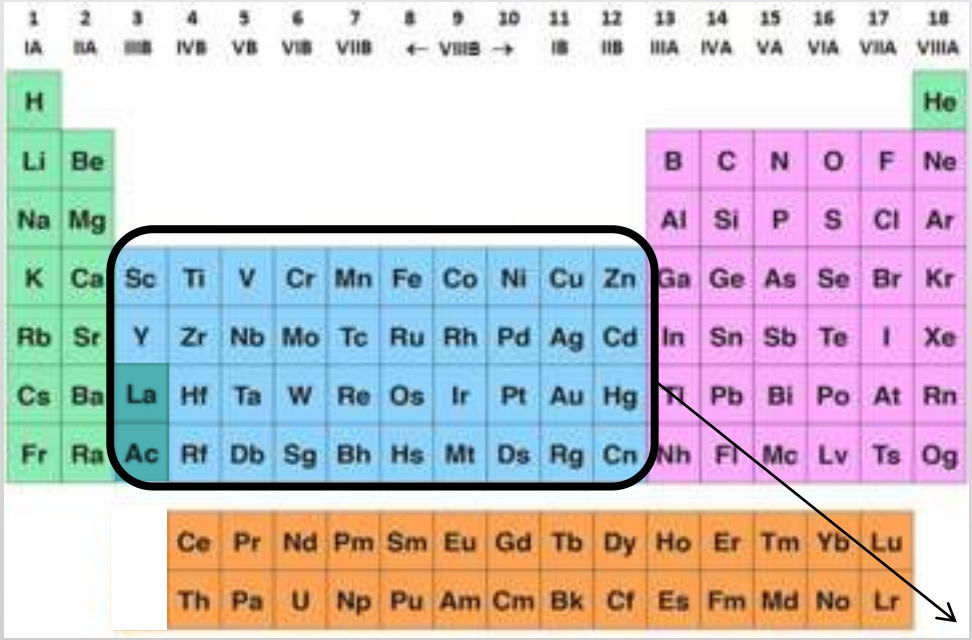
Στοιχεία μετάπτωσης (1η σειρά)

$_{21}Sc$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6 3s^2\ 3p^6$	$3d^1$	$4s^2$
$_{22}Ti$	[Ar]	$3d^2$	$4s^2$
$_{23}V$	[Ar]	$3d^3$	$4s^2$
$_{24}Cr$	[Ar]	$3d^5$	$4s^1$ *
$_{25}Mn$	[Ar]	$3d^5$	$4s^2$
$_{26}Fe$	[Ar]	$3d^6$	$4s^2$
$_{27}Co$	[Ar]	$3d^7$	$4s^2$
$_{28}Ni$	[Ar]	$3d^8$	$4s^2$
$_{29}Cu$	[Ar]	$3d^{10}$	$4s^1$ *
$_{30}Zn$	[Ar]	$3d^{10}$	$4s^2$

* Η d υποστιβάδα παρουσιάζει αυξημένη σταθερότητα όταν είναι ημισυμπληρωμένη (d^5) ή συμπληρωμένη (d^{10}).

Στοιχεία μετάπτωσης

Είναι τα στοιχεία που καταλαμβάνουν τον τομέα d του περιοδικού πίνακα.



1η σειρά	4η περίοδος	$3d^x$ $4s^2$
2η σειρά	5η περίοδος	$4d^x$ $5s^2$
3η σειρά	6η περίοδος	$5d^x$ $6s^2$

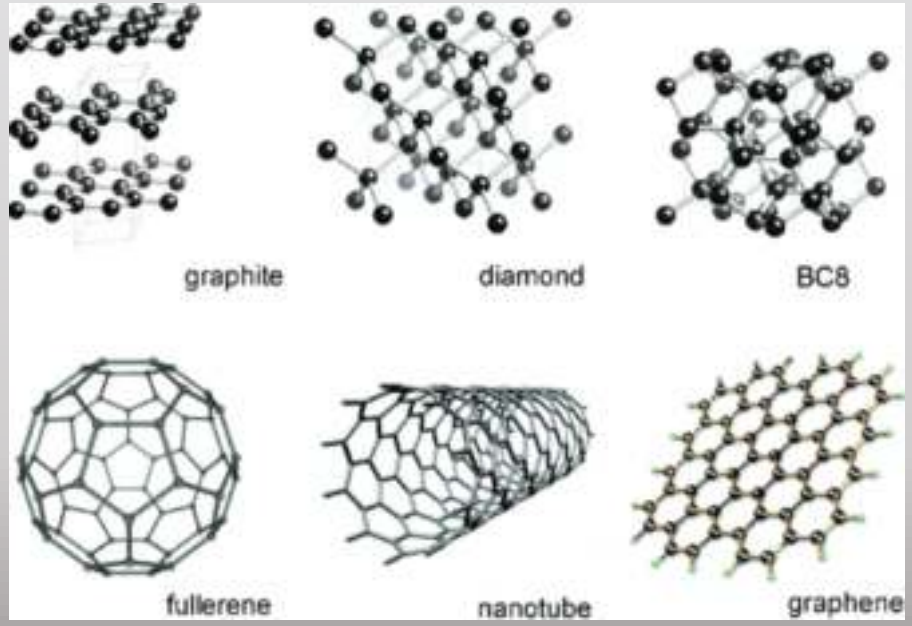
Στοιχεία μετάπτωσης

Έχουν πολλές κοινές ιδιότητες:

- έχουν μεταλλικό χαρακτήρα
- έχουν πολλούς αριθμούς οξείδωσης
- είναι παραμαγνητικά
- σχηματίζουν σύμπλοκα ιόντα
- σχηματίζουν έγχρωμες ενώσεις
- έχουν την ικανότητα να καταλύουν αντιδράσεις

Γιατί ο άνθρακας ξεχωρίζει:

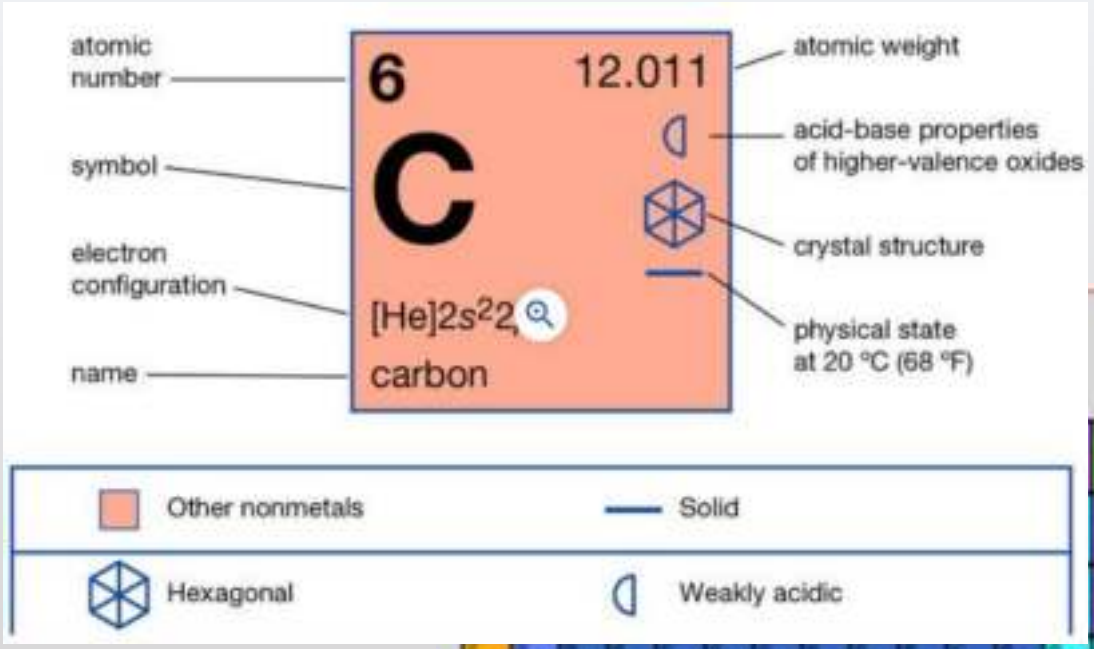
Οι οργανικές ενώσεις που έχουν βρεθεί στη φύση ή έχουν παρασκευαστεί στα εργαστήρια μέχρι σήμερα είναι περισσότερες από 12.000.000, ενώ οι ανόργανες ενώσεις είναι περίπου 1.000.000, μετά το πλήθος των ενώσεων του πυριτίου που παρασκευάστηκαν τα τελευταία χρόνια.

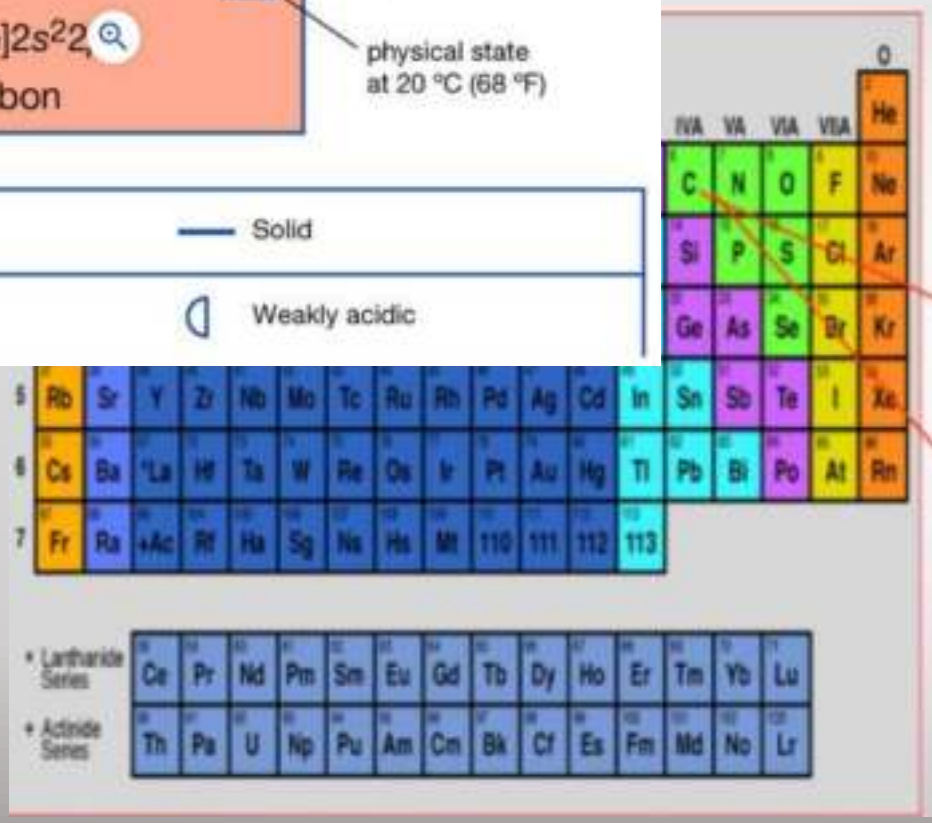


Ο κύκλος του άνθρακα:

Ο άνθρακας, ως διοξείδιο του άνθρακα, δεσμεύεται στα φυτά με τη φωτοσύνθεση και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα με την αναπνοή των οργανισμών και την καύση οργανικών ουσιών.

Η θέση του άνθρακα στον περιοδικό πίνακα

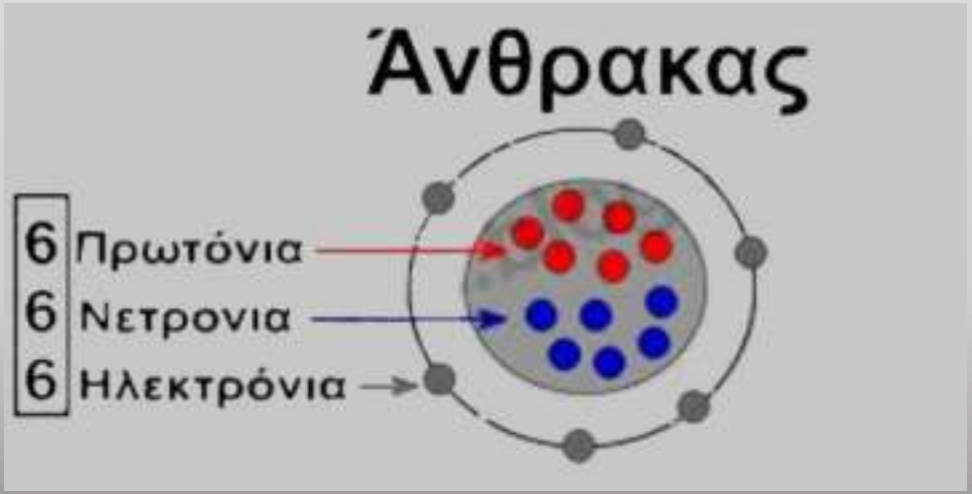




Βρίσκεται στη 14η ομάδα και στη 2η περίοδο του Π.Π.

Συμβολίζεται με το αγγλικό γράμμα C

- Ο άνθρακας (carbon) είναι αμέταλλο χημικό στοιχείο με σύμβολο –C- και ατομικό αριθμό Z=6.
- Ο άνθρακας είναι το 4ο πιο άφθονο χημικό στοιχείο στο σύμπαν, μετά το υδρογόνο, το ήλιο και το οξυγόνο.
- Στο ανθρώπινο σώμα ο άνθρακας είναι το δεύτερο πιο άφθονο χημικό στοιχείο, περίπου 18,5%, μετά το οξυγόνο.
- Μαζί με το υδρογόνο, το οξυγόνο και το άζωτο αποτελούν, σε ποσοστό, το 96% (κατά βάρος) των ζωντανών οργανισμών.



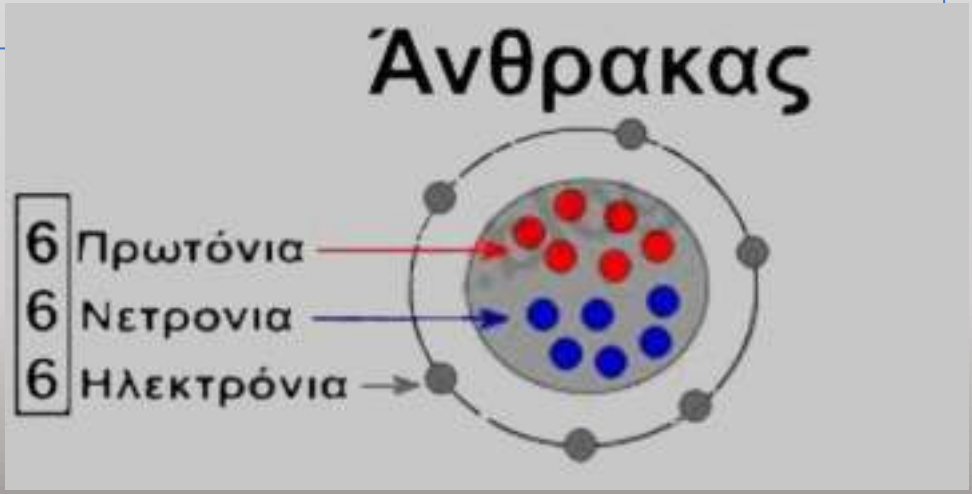
Ο άνθρακας έχει τα εξής ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

• ***Διαθέτει τέσσερα μονήρη (μοναχικά) ηλεκτρόνια*** στην εξωτερική του στιβάδα ή, όπως συνήθως λέμε, έχει τέσσερις μονάδες συγγένειας (που συμβολίζονται με μία παύλα η καθεμία).

Γι' αυτό μπορεί να ενωθεί με άτομα άλλων στοιχείων (συνηθέστερα είναι τα Η, Ο, Ν, S, αλογόνα) ή με άλλα άτομα άνθρακα.

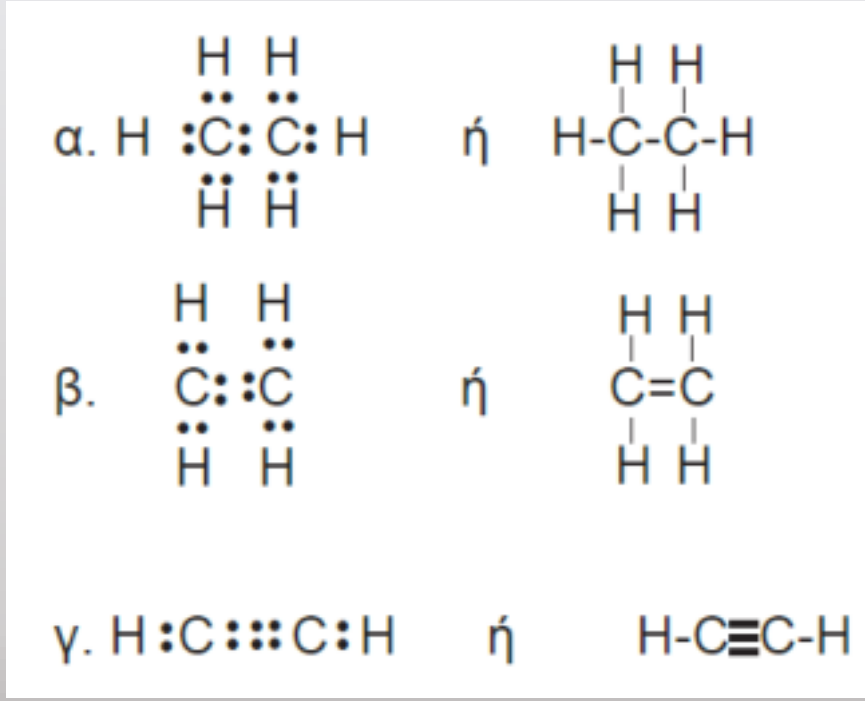
Έτσι, σχηματίζει απλές ενώσεις (π.χ. με ένα άτομο άνθρακα) ή πολύπλοκες ενώσεις (π.χ. με δεκάδες δισεκατομμύρια άτομα άνθρακα).

• ***Έχει μικρή ατομική ακτίνα*** γι' αυτό σχηματίζει σταθερούς ομοιοπολικούς δεσμούς (τα κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων συγκρατούνται ισχυρά, επειδή είναι κοντά στον πυρήνα του ατόμου του άνθρακα).



Επίσης τα άτομα του άνθρακα μπορεί να συνδεθούν μεταξύ τους με απλό, διπλό ή τριπλό δεσμό, όπως φαίνεται στα επόμενα παραδείγματα:

Απλός = 1 ομοιοπολικός δεσμός **C-C**
Διπλός = 2 ομοιοπολικοί δεσμοί **C=C**
Τριπλός = 3 ομοιοπολικοί δεσμοί **C≡C**

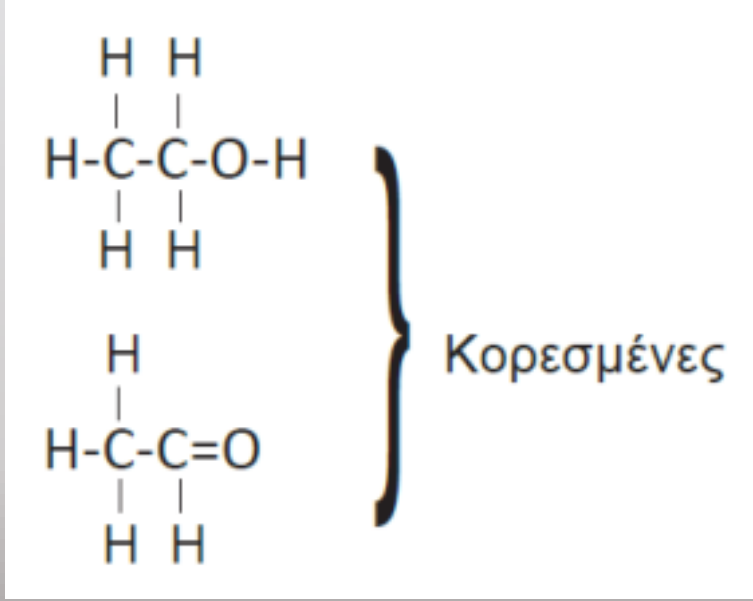


Οι ενώσεις στις οποίες όλα τα άτομα άνθρακα συνδέονται

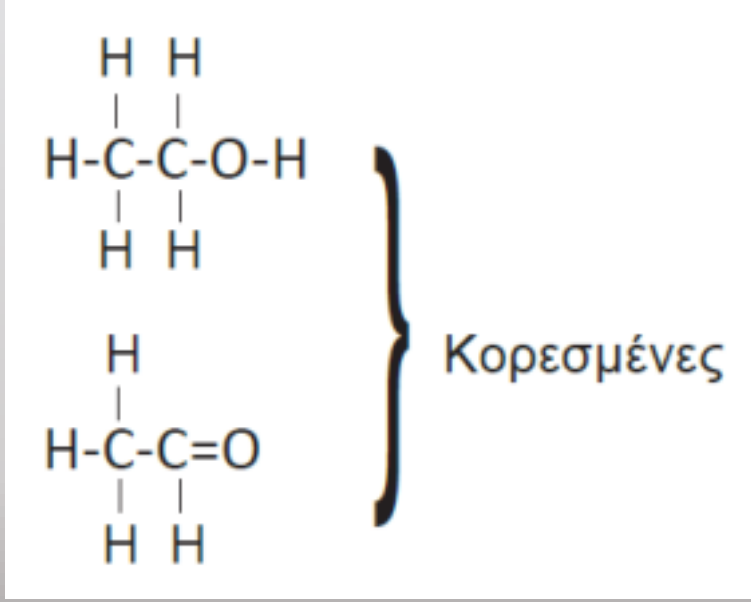
μεταξύ τους με απλούς δεσμούς λέγονται **κορεσμένες**.

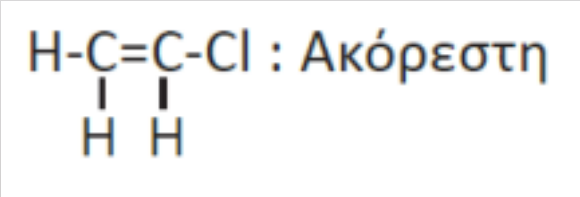
Οι ενώσεις στις οποίες δύο τουλάχιστον άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ

τους με διπλό ή τριπλό δεσμό λέγονται **ακόρεστες**.



- Να σημειωθεί ότι και η δεύτερη ένωση, χαρακτηρίζεται **κορεσμένη**, επειδή τα άτομα του άνθρακα συνδέονται με απλό δεσμό στο μόριο της ένωσης.
- Ο διπλός δεσμός δηλαδή μεταξύ άνθρακα και οξυγόνου δεν «μετράει» για το χαρακτηρισμό της ένωσης. Αντίθετα, η ένωση που αναγράφεται παρακάτω χαρακτηρίζεται ακόρεστη, επειδή μεταξύ των ατόμων άνθρακα υπάρχει ένας διπλός δεσμός.





Αλλοτροπικές Μορφές (Αλλοτροπία)

- Ιδιότητα ορισμένων στοιχείων, που ανάλογα με τις συνθήκες εμφανίζονται με **διάφορες μορφές**.
- Οι μορφές αυτές καλούνται **αλλοτροπικές**.
- Το ίδιο φαινόμενο όταν εμφανίζεται σε χημικές ενώσεις, ονομάζεται **πολυμορφισμός**.
- Ο γραφίτης, το διαμάντι, το μόριο του φουλερενίου καθώς και οι νανοσωλήνες άνθρακα αποτελούν δομές με βάση το ίδιο στοιχείο, τον άνθρακα.
- Διαφέρουν ως προς το είδος των δεσμών οι οποίοι σχηματίζονται μεταξύ των ατόμων τους με αποτέλεσμα το καθένα να έχει ιδιαίτερη μοριακή ή κρυσταλλική δομή και κατ’ επέκταση ιδιότητες.
- Για παράδειγμα, το διαμάντι είναι το σκληρότερο γνωστό υλικό και διαφανές στο ορατό φως, ενώ ο γραφίτης ένα από τα μαλακότερα και αδιαφανής.

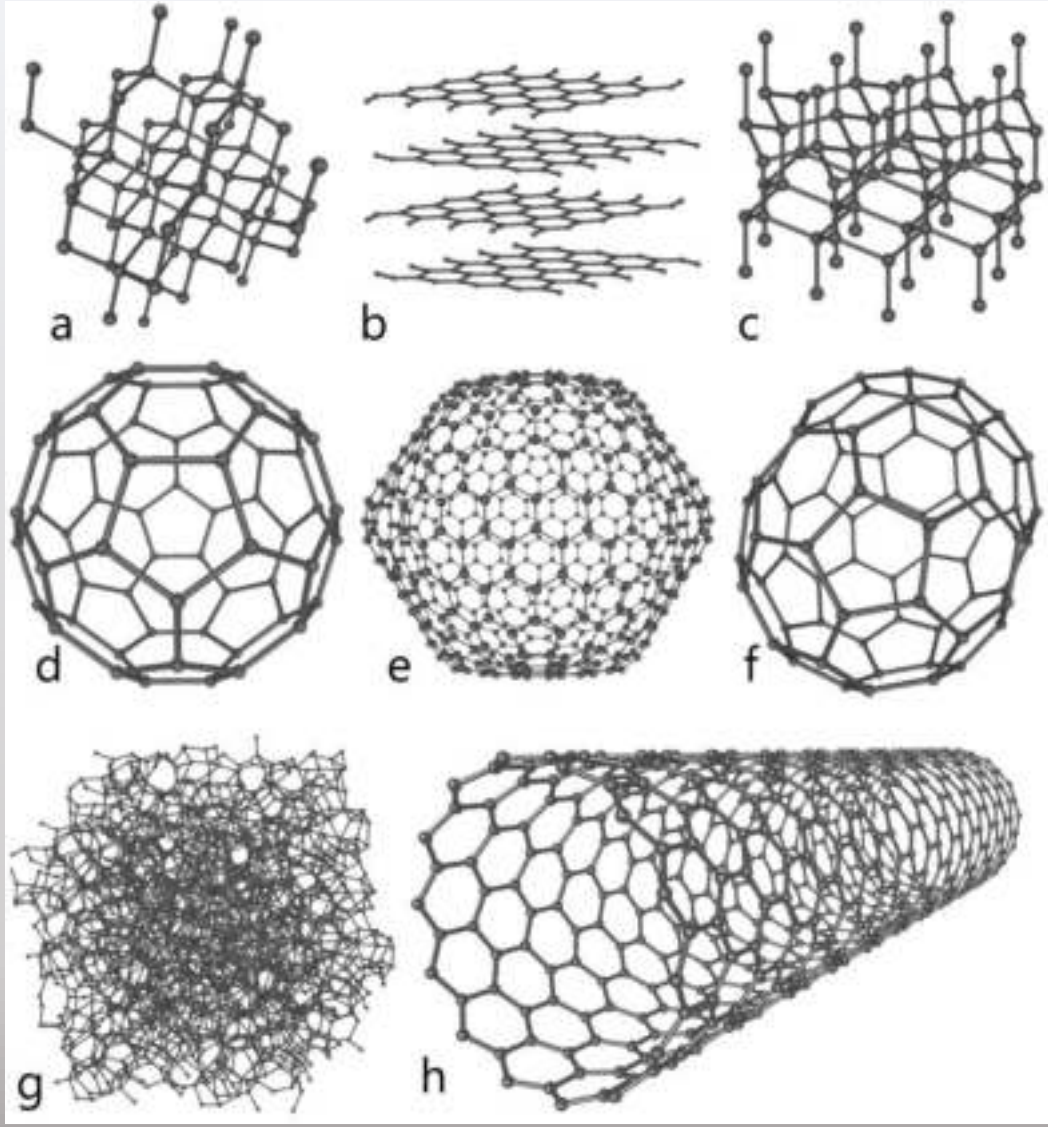
- Υλικά από το ίδιο στοιχείο: Άνθρακας (C)

- Πολύ μαλακό υλικό
- Μαύρο (απορροφητικό)
- Ηλεκτρικά αγώγιμο

- Πολύ σκληρό υλικό
- Διάφανο
- Δεν άγει τον ηλεκτρισμό

Αλλοτροπικές μορφές άνθρακα

- Α) Διαμάντι
- Β) Γραφίτης
- C) Λονσδαλεΐτης
- D) C60 Φουλερένιο
- E) C540 Φουλερένιο
- F) C70 Φουλερένιο
- G) Άμορφος άνθρακας
- H) Νανοσωλήνας
- …Νανοίνες, νανοαφρός, υαλώδης άνθρακας….



- Ο άνθρακας κατέχει την 19η θέση στη σειρά αφθονίας των χημικών στοιχείων στο στερεό φλοιό της γης.
- Είναι αμέταλλο χημικό στοιχείο της IVa ομάδας του περιοδικού συστήματος και βρίσκεται ελεύθερος στη φύση, αυτοφυής σε διάφορες κρυσταλλικές και μη μορφές.
- Οι μη κρυσταλλικές μορφές του, που περιγράφονται και ως άμορφοι άνθρακες **(ξυλάνθρακας, αιθάλη, ζωϊκός άνθρακας** κλπ) έχουν μελετηθεί με χρήση ακτίνων Χ και έχει βρεθεί ότι αποτελούν ακάθαρτες μορφές γραφίτη, ο οποίος έχει υποστεί μεγάλης έκτασης διαμερισμό.

- Έως σήμερα, τις γνωστές **αλλοτροπικές μορφές** του άνθρακα στον επιστημονικό κόσμο, αποτελούσαν ο **γραφίτης**, το **διαμάντι** και πιο πρόσφατα το **φουλλερένιο**.
- Όμως ο Ιάπωνας επιστήμονας, **Iijima** με την ομάδα του, ανακάλυψε μία ακόμα μορφή του άνθρακα, αυτή των **νανοσωλήνων**

Μορφές Άνθρακα

Άνθρακας

❑Κρυσταλλικός άνθρακας

- Διαμάντι
- Γραφίτης
- Γραφένιο
- Φουλερένια
- Νανοΐνες C
- Νανοσωλήνες C

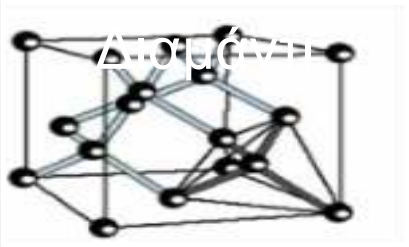
❑ Άμορφος άνθρακας

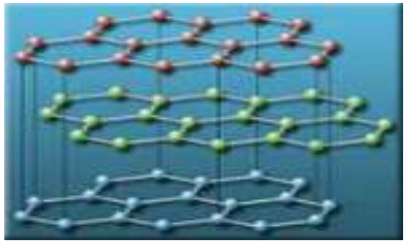
- Αιθάλη
- Ξυλάνθρακας
- Ζωικός άνθρακας
- …

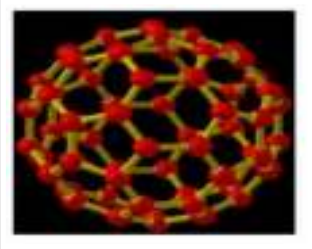
Μορφές Άνθρακα

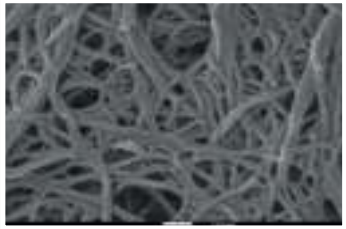
Άνθρακας

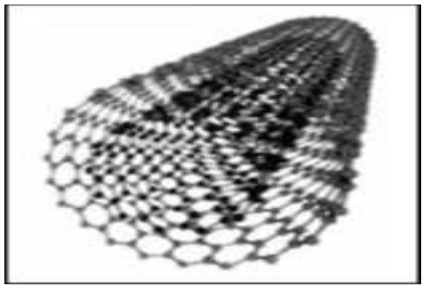
- Κρυσταλλικός άνθρακας
- Άμορφος άνθρακας

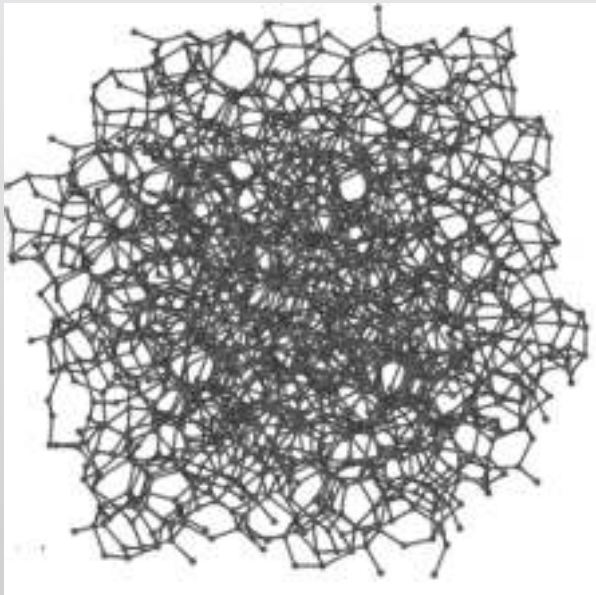








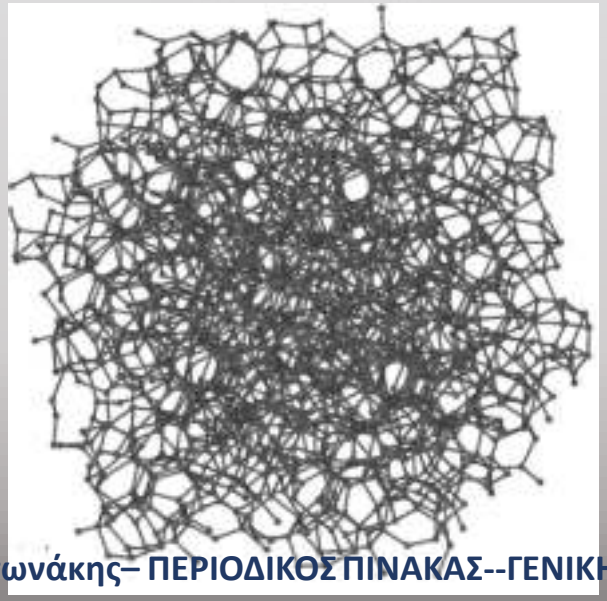




Άμορφος άνθρακας

- Ο άμορφος άνθρακας είναι μια αλλοτροπική μορφή στην οποία τα άτομα άνθρακα έχουν μια διευθέτηση σε μια **μη κρυσταλλική**, **ακανόνιστη**, **υαλώδη** κατάσταση, που είναι ουσιαστικά γραφίτης, αλλά **χωρίς** να έχει μια κρυσταλλική μακροδομή.

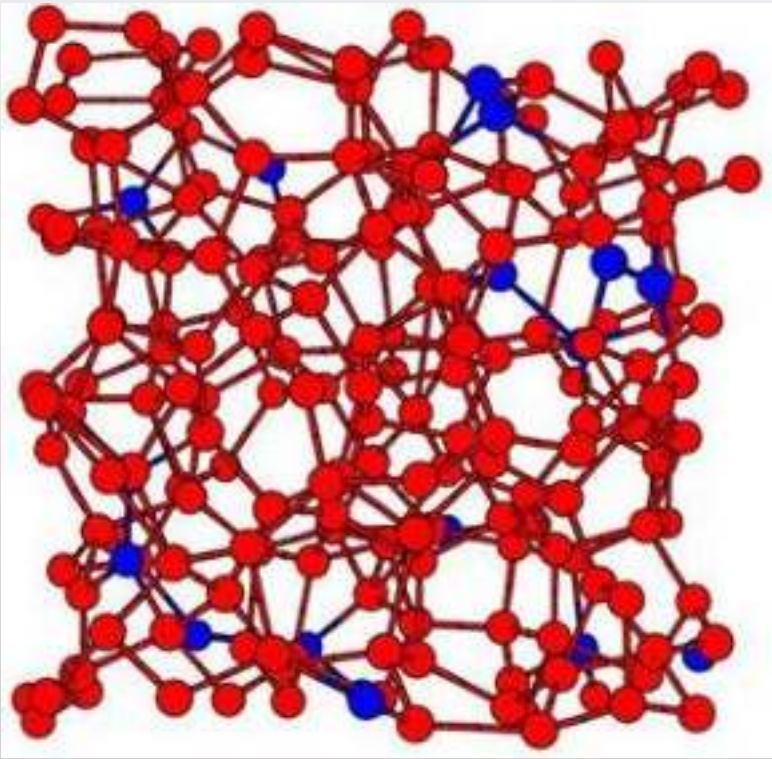
- Βρίσκεται ως μια (πιθανώς συγκολημένη) σκόνη, και είναι το κύριο συστατικό ουσιών όπως το **ξυλοκάρβουνο**, η **αιθάλη** και ο **ενεργός άνθρακας**.



Εφαρμογές άμορφου άνθρακα

Άμορφος άνθρακας

- Ατομικό δίκτυο άμορφου άνθρακα
- Υδρογονωμένος άμορφος άνθρακας
- Diamond like carbon
- Τετραεδρικός άμορφος άνθρακας
- Απουσία κόκκων



Ιδιότητες Άμορφου άνθρακα

- Οι ιδιότητες του άμορφου άνθρακα είναι συνάρτηση του ποσοστού sp^3 και sp^2 ποσοστού που περιέχει στο δίκτυο του.
- Υψηλή σκληρότητα
- Χημική αδράνεια
- Βιοσυμβατότητα
- Οπτική διαφάνεια

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

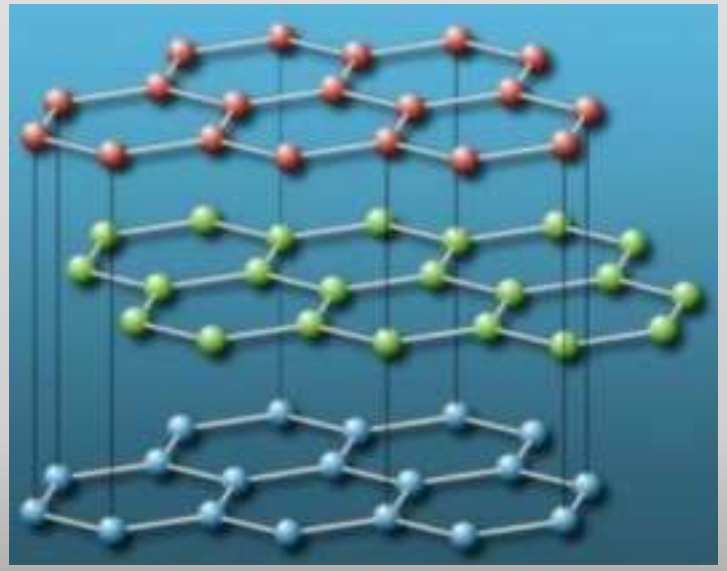
-Γραφίτης, Graphite-

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

Ορυκτή πολυμορφική μορφή του άνθρακα.

Το όνομά του προέρχεται από το αρχαίο ελληνικό γράφειν, λόγω της ιδιότητάς του να βάφει όταν τρίβεται σε μαλακή επιφάνεια.

Ο γραφίτης εμφανίζεται **μαλακός**.

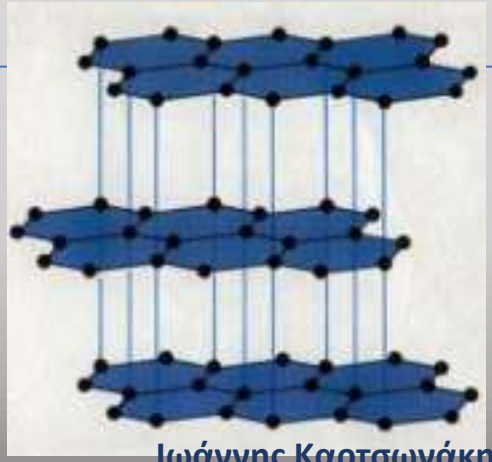


Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

-Γραφίτης, Graphite-

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Το κρυσταλλικό πλέγμα του **γραφίτη** αποτελείται από **στρώματα**.
- Σε κάθε στρώμα τα άτομα του άνθρακα συγκρατούνται μεταξύ τους με **ισχυρούς ομοιοπολικούς δεσμούς**, σχηματίζοντας **εξαγωνικούς** δακτυλίους.
- Οι δεσμοί αυτοί είναι **σ δεσμοί** και προκύπτουν με επικάλυψη των τριών τριγωνικά διατεταγμένων **sp^2** υβριδικών τροχιακών κάθε ατόμου άνθρακα.
- Οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ δύο γειτονικών στρωμάτων είναι ασθενείς **τύπου *van der Waals*** με αποτέλεσμα ο γραφίτης να παρουσιάζει χαμηλή αντίσταση στη διάτμηση.

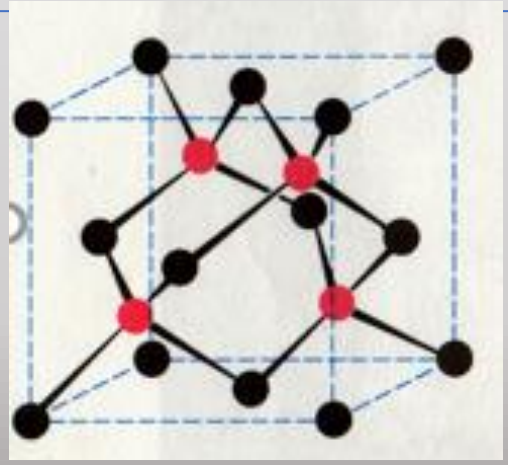


Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

Αδάμας – Διαμάντι

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Στο **διαμάντι** κάθε άτομο του άνθρακα ενώνεται με τέσσερα άλλα άτομα άνθρακα **τετραεδρικά διατεταγμένα**.
- Οι δεσμοί που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων του άνθρακα είναι **σ** και προκύπτουν με επικάλυψη **sp^3** υβριδικών τροχιακών του άνθρακα.
- Οι δεσμοί αυτοί είναι **ισοδύναμα άκαμπτοι** και με μεγάλη αντοχή κάνοντας το διαμάντι ένα πάρα πολύ **σκληρό** υλικό.

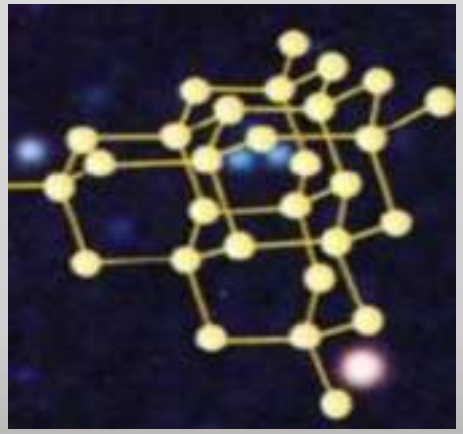


Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

Αδάμας – Διαμάντι

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Το διαμάντι (αρχ. ελληνικά αδάμας = αήττητος, λόγω της μεγάλος σκληρότητάς του) είναι περίφημο ορυκτό για την ισχυρή λάμψη του και την πολύ μεγάλη **σκληρότητά** του, με ιδιαίτερη διεθνή εμπορική αξία.
- Ανήκει στην οικογένεια των **αυτοφυών στοιχείων** και αποτελείται από καθαρό άνθρακα.
- Η λαμπρότητα του το κάνει τον πιο γνωστό και περιζήτητο πολύτιμο λίθο.
- Το βάρος του μετριέται με καράτια (1 καράτι = 200 χιλιοστά του γραμμαρίου).

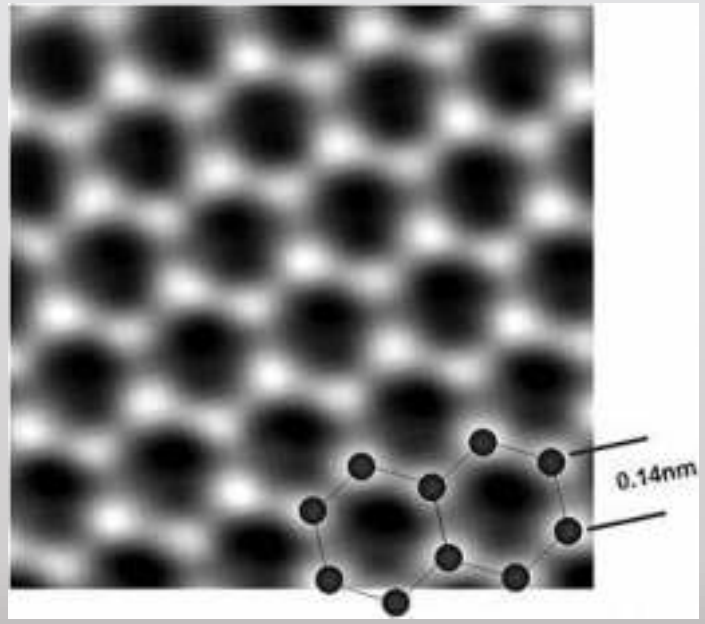


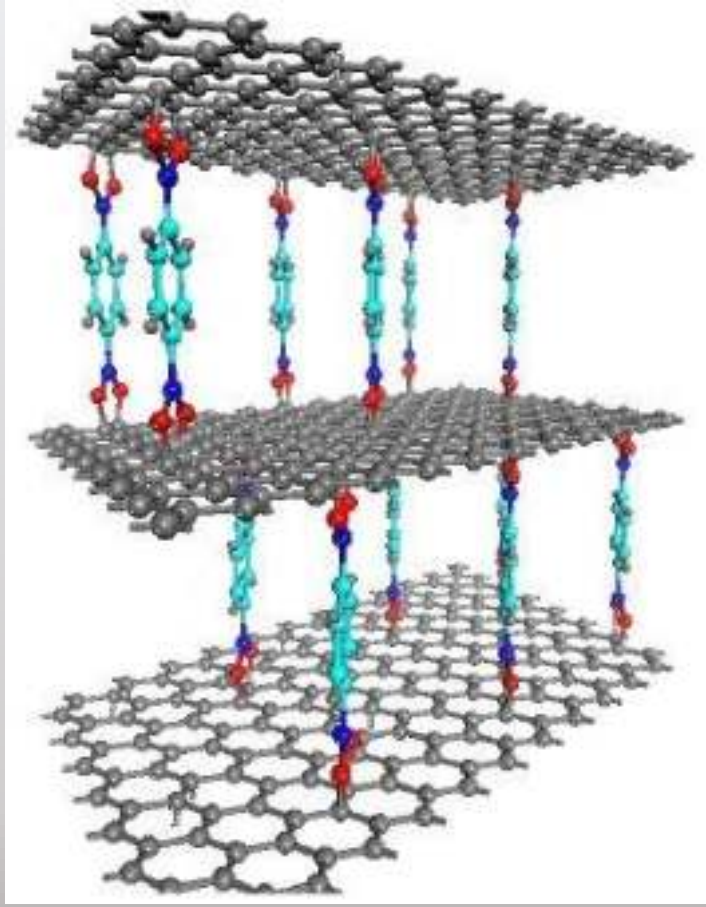
Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Γραφένιο -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Ένα ατομικό στρώμα – φύλλο γραφίτη
- Πάχος ενός ατόμου
- Δύο οικογένειες ατόμων C



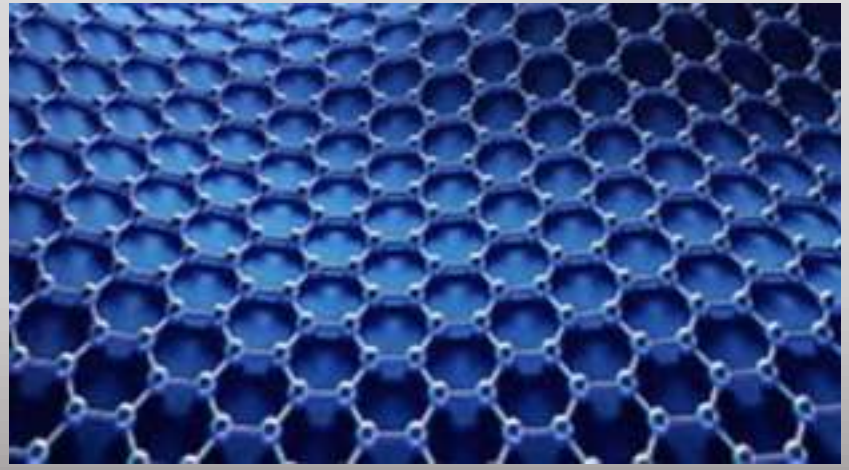


Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Γραφένιο -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Το γραφένιο **είναι** μία ξεχωριστή αλλοτροπική μορφή του άνθρακα. Πρόκειται για **δισδιάστατο πλέγμα** μορφής **κηρύθρας** μελιού.
- Μπορεί να θεωρηθεί ως **απείρου μεγέθους αρωματικό μόριο** και αποτελεί τη **βασική δομική μονάδα** για άλλες αλλοτροπικές μορφές του άνθρακα όπως του γραφίτη, των νανοσωλήνων άνθρακα, των φουλερενίων και της αιθάλης.
- Το γραφένιο έχει εξαιρετικές **ιδιότητες** όπως πολύ καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, υψηλή διαφάνεια και μεγάλη αντοχή (αντίστοιχη με αυτή του χάλυβα).
- Το γραφένιο βρίσκει **εφαρμογές** στη βιομηχανία ηλεκτρονικών και συνθέτων υλικών.



Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Γραφένιο -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

Ιδιότητες Γραφενίου

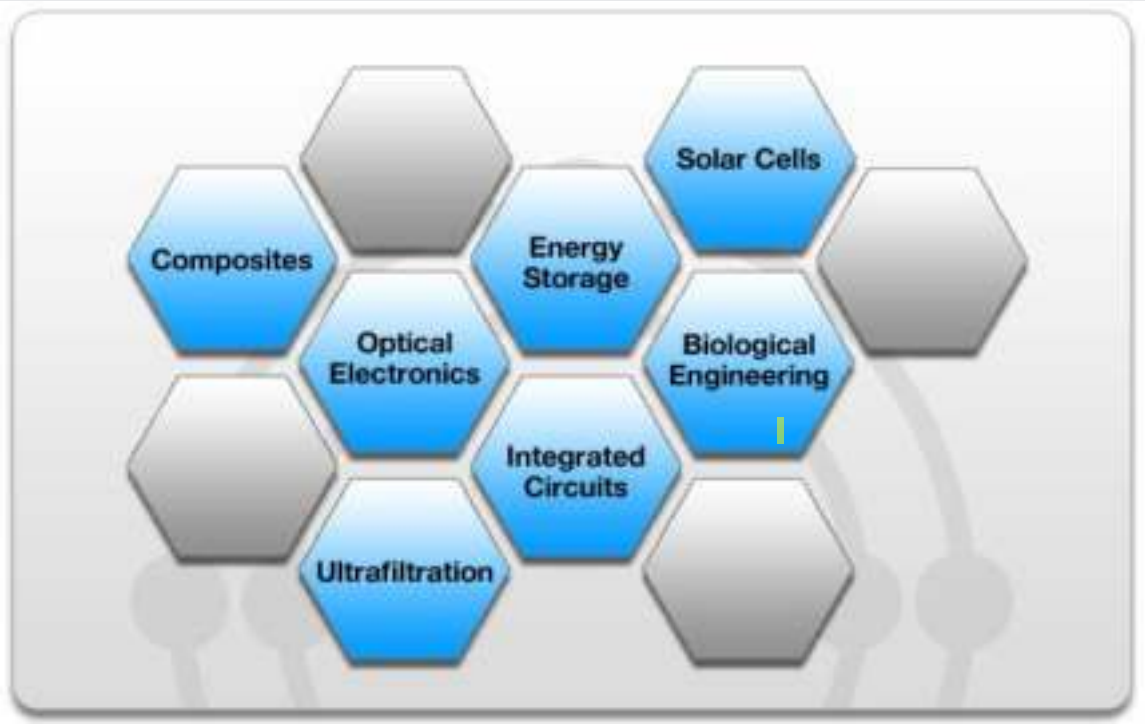
- Πολύ μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα (ευκινησία e)RT ~ 200.000 $cm^2/(V \cdot s)$
  - Si : at RT~ 1400 $cm^2/(V \cdot s)$
  - CNT: ~ 100.000 $cm^2/(V \cdot s)$
  - Organic semiconductors: <10 $cm^2/(V \cdot s)$
- Ηλ. Αντίσταση ~ 10-6 Ω cm - lower than silver
- High Young's modulus (~1,100 Gpa)
- High fracture strength (125 Gpa)
- «Το γραφένιο είναι το πιο σκληρό υλικό που έχει μετρηθεί μέχρι σήμερα, με περίπου 200 φορές καλύτερη τιμή από αυτή του ατσαλιού»

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Γραφένιο -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

Εφαρμογές Γραφενίου

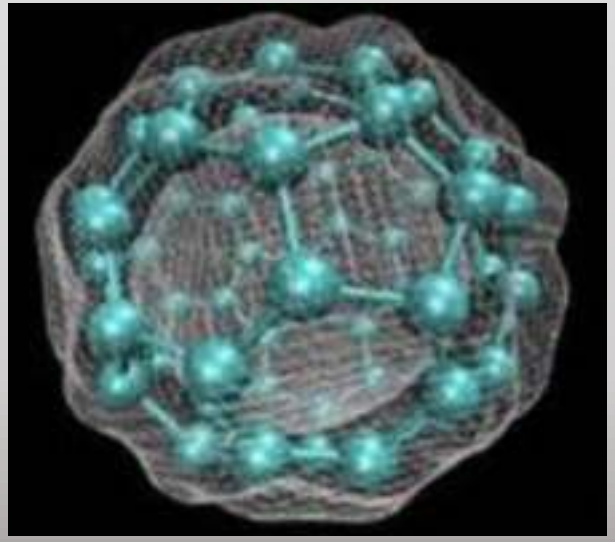


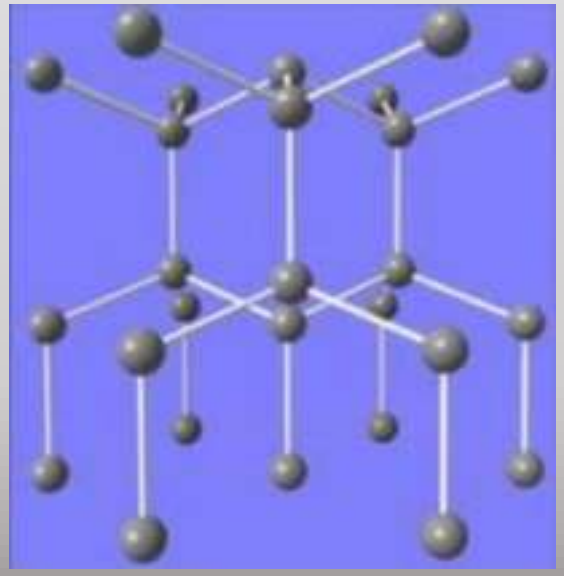
Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Φουλερένια / C-60 -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Τα φουλερένια είναι **ανθρακικές δομές** με **σφαιρικό** σχήμα και ανακαλυφθήκαν το 1985 από τους Harold Kroto et al.
- Το πιο γνωστό φουλερένιο είναι αυτό το οποίο αποτελείται από 60 άτομα άνθρακα, C-60, το οποίο αποτελείται από 12 πεντάγωνα και 20 εξάγωνα και μοιάζει με μπάλα ποδοσφαίρου. (buckball ή buckminsterfullerene)
- Γνωστά είναι επίσης και αυτά με 70, 76 και 84 άτομα άνθρακα.





Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

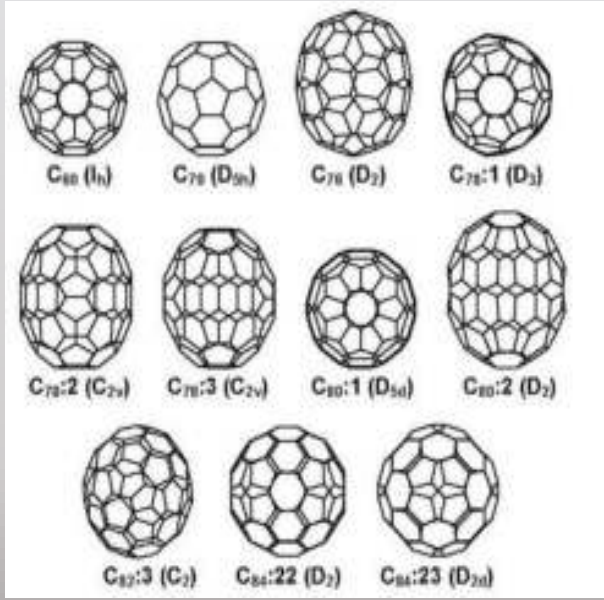
- Φουλερένια / C-60 -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Τα μόρια των φουλερενίων απαρτίζονται από ένα **δίκτυο ατόμων άνθρακα** στην **sp^2** κατάσταση σε **πεντάγωνα** και **εξάγωνα** με αποτέλεσμα να σχηματίζουν ένα **σφαιρικό μόριο κενό στο εσωτερικό του**.

- Τα φουλερενία **δεν είναι περιοδικά** επαναλαμβανόμενες κρυσταλλικές δομές αλλά **σαφώς καθορισμένα ξεχωριστά μόρια**.

- Λόγω των χημικών-φυσικών ιδιοτήτων τους, τα φουλερένια είχαν ευρέως αξιοποιηθεί για τις ηλεκτρονικές, μαγνητικές, οπτικές, χημικές, βιολογικές, και ιατρικές εφαρμογές τους.



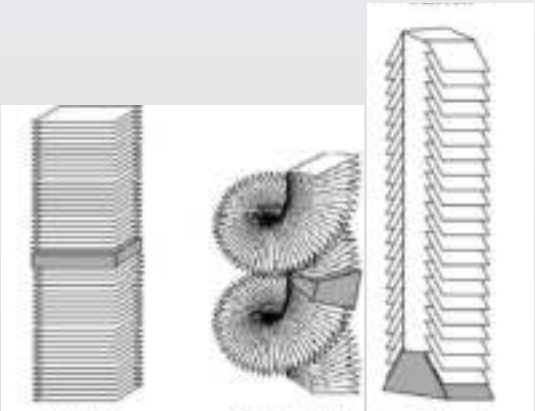
- Το πιο κοινό μόριο φουλερενίων είναι αυτό που απαρτίζεται από 60 άτομα άνθρακα (**C_{60}**) και λόγω της υψηλής του συμμετρίας **εμφανίζει μεγαλύτερη σκληρότητα και από το διαμάντι**. Αποτελείται από **12 πεντάγωνα** και **20 εξάγωνα**, τα οποία σχηματίζουν μία κλειστή δομή όμοια με την **μπάλα ποδοσφαίρου**.

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Νανοΐνες Άνθρακα – Carbon Nanofibers (CNFs) -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

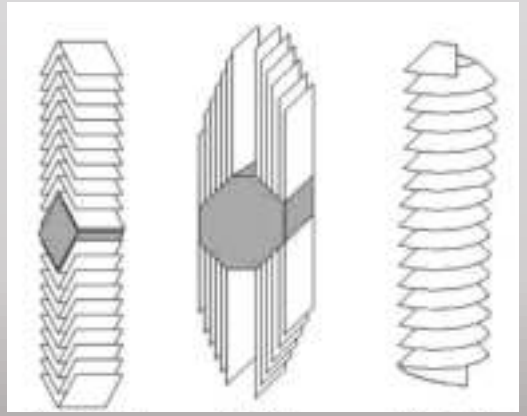
- Αποτελούνται από **στρώματα γραφενίου** στοιβαγμένα σε **κώνους** ή **φύλλα** με συγκεκριμένο προσανατολισμό ως προς τον άξονα της ίνας και έχουν **διαμέτρους που κυμαίνονται από 70-500 nm**, ανάλογα με τον τύπο της νανοΐνας άνθρακα και τον τρόπο σύνθεσή της.
- Υπάρχουν πολλές **μορφές νανοϊνών άνθρακα**:



(α) (β) (γ)

(i) Οι **Νανοΐνες άνθρακα τύπου «αιμοπετάλιο»**, αποτελούνται από μικρά φύλλα γραφενίου τοποθετημένα καθέτως προς τον άξονα της ίνας με το μέγεθος τους να είναι περίπου 100 nm σε πλάτος (α).

(ii) Νανοΐνες άνθρακα τύπου «ψαροκόκκαλο», στους οποίους τα φύλλα γραφενίου σχηματίζουν γωνία σε σχέση με τον άξονα των ινιδίων (γ).



(δ) (ε) (στ)

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

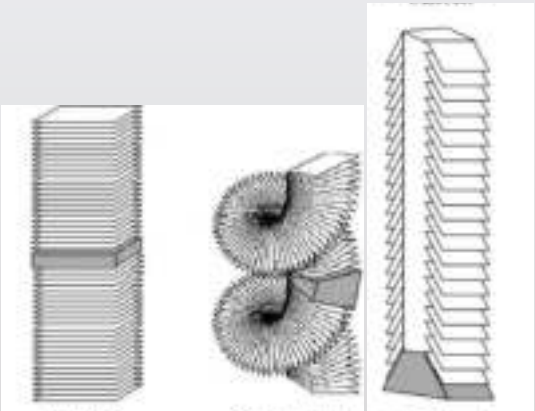
- Νανοΐνες Άνθρακα – Carbon Nanofibers (CNFs) -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

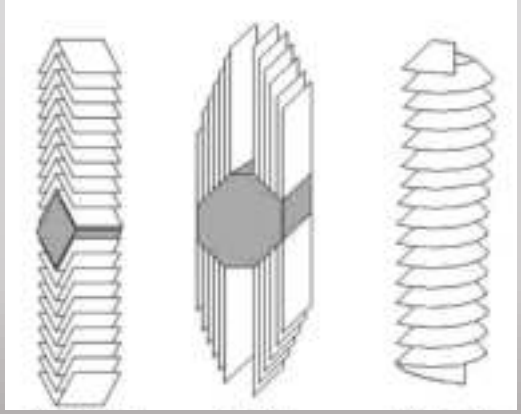
(iii) Νανοΐνες άνθρακα τύπου «κορδέλλα», οι οποίοι αποτελούνται από ευθύγραμμα, ατύλιχτα γραφιτικά φύλλα που είναι παράλληλα προς τον άξονα των ινιδίων με μη κυλινδρικές διατομές (β).

(iv) Οι **Νανοΐνες άνθρακα τύπου «στοιβαγμένοι κώνοι»**, αποτελούνται από ένα συνεχές στρώμα τυλιγμένου (σπιράλ) γραφενίου κατά μήκος του άξονα της ίνας. Ο προσανατολισμός των σπιράλ των νανοϊνών αποδίδει μια διάταξη κομμένου κώνου κατά μήκος του άξονα με έναν ευρύ εσωτερικό άδειο χώρο (στ).

(v) Οι **«Συμπυκνωμένες νανοΐνες άνθρακα»**, αποτελούνται από μια βασική δομή μίας CNF , αλλά με απόθεση άμορφου άνθρακα στην επιφάνεια των τοιχωμάτων (δ, ε).



(α) (β) (γ)



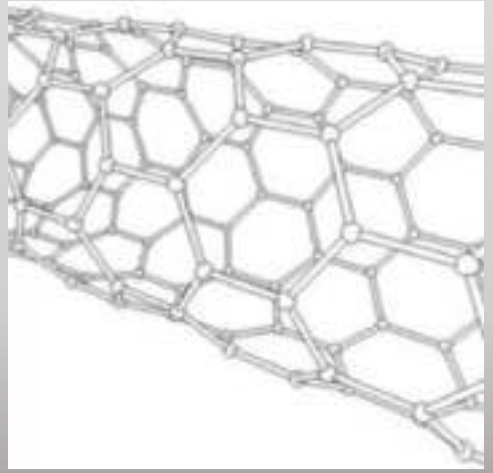
(δ) (ε) (στ)

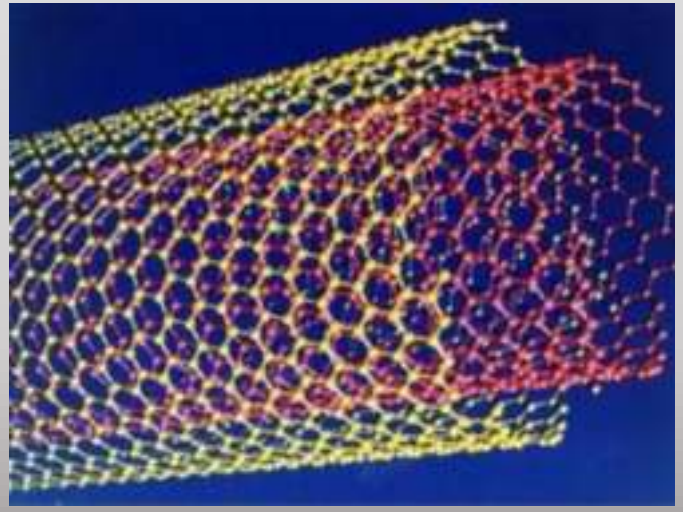
Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Οι νανοσωλήνες άνθρακα είναι **ομόκεντροι κύλινδροι γραφίτη** και ανακαλύφθηκαν το 1991 από τον Sumio Iijima.
- Οι νανοσωλήνες σχηματίζουν σωλήνα εσωτερικής διαμέτρου 1nm και μανδύα από αλλεπάλληλα στρώματα εξαγωνικών δικτύων άνθρακα.
- Σημαντικές ιδιότητές τους: μεγάλη αντοχή, χαμηλό βάρος, σταθερότητα, ευκαμψία, καλή θερμική αγωγιμότητα, το μεγάλο εμβαδόν επιφανείας και πολλές άλλες ηλεκτρικές ιδιότητες.





Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

Οι νανοσωλήνες (Iijima, 1991) είναι φτιαγμένοι από επίπεδα γραφενίου που έχουν περιστραφεί για να δημιουργήσουν κυλίνδρους των οποίων τα άκρα καλύπτονται από ημισφαιρικές δομές παρόμοιες με αυτές των φουλερενίων.

*Όπως και στον γραφίτη τα άτομα του άνθρακα είναι **sp^2** υβριδισμένα.*

Οι νανοσωλήνες μπορεί να είναι:

- **πολυφλοιϊκοί** με ένα κεντρικό σωλήνα να περιβάλλεται από περισσότερα του ενός στρώματα γραφίτη.
- **μονοφλοιϊκοί** όπου υπάρχει μόνο ένας σωλήνας και καθόλου επιπλέον στρώματα γραφίτη.

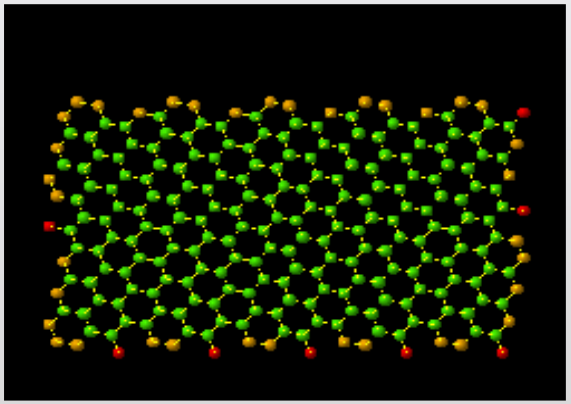
Όταν νανοσωλήνες ομαδοποιούνται έχουμε τις λεγόμενες **συστοιχίες νανοσωλήνων** (nanotubes bundles)

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

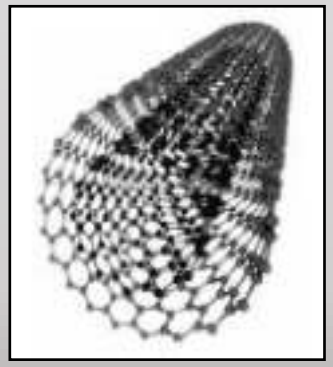
- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

Μονοφλοιϊκοί νανοσωλήνες (SWCNTs)



- Κυλινδρικό κέλυφος με πάχος όσο αυτό ενός μόνο ατόμου
- D_{SWNTs}: 0,6-2,0 nm



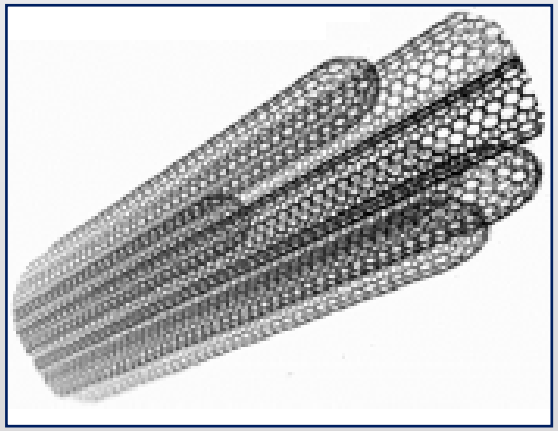
Πολυφλοιϊκοί νανοσωλήνες (MWCNTs)

- Ομοαξονικούς κυλίνδρους με μήκος μm
- D_{MWNTs}: 2-100nm
- Οι διαδοχικές ομοαξονικές κυλινδρικές επιφάνειες απέχουν μεταξύ τους **3,4 Å**

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

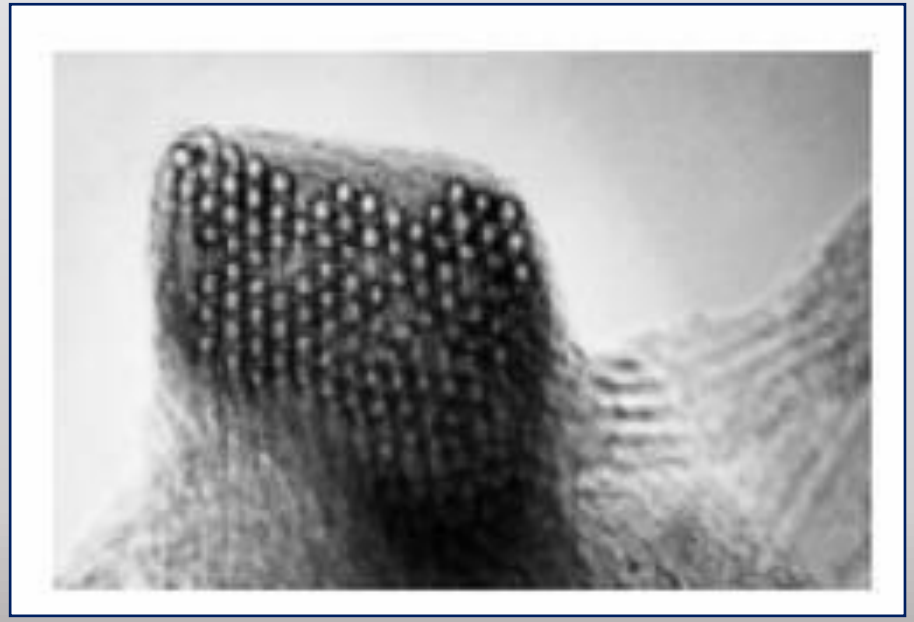
- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)



Συστοιχία νανοσωλήνων

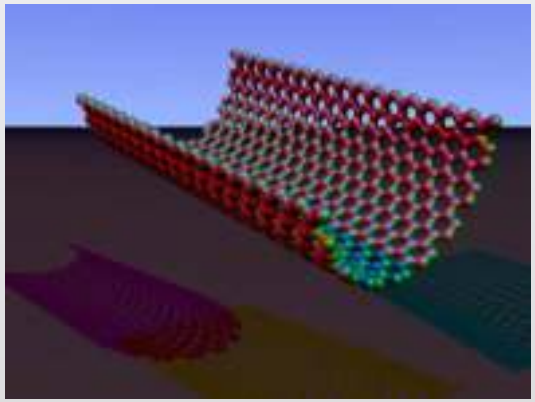
SEM εικόνα συστοιχίας νανοσωλήνων



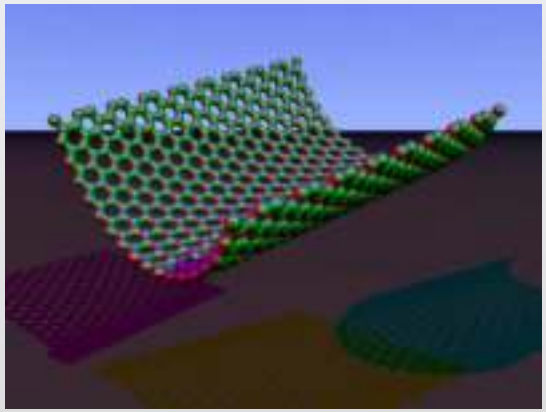
Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

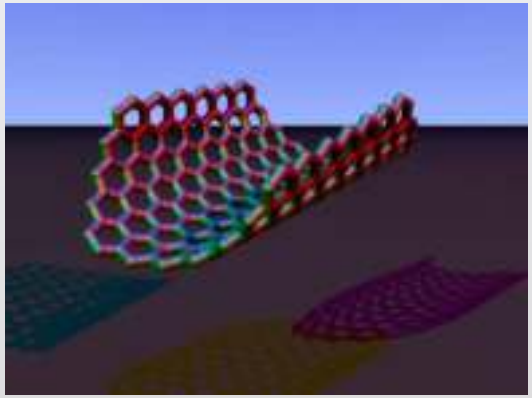
(Κρυσταλλικός άνθρακας)



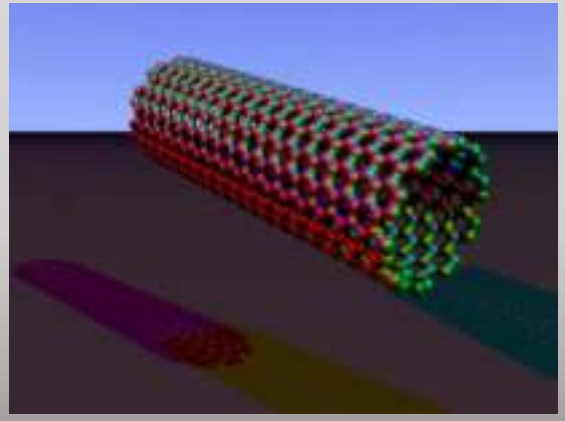
Δομή armchair (πολυθρόνας)

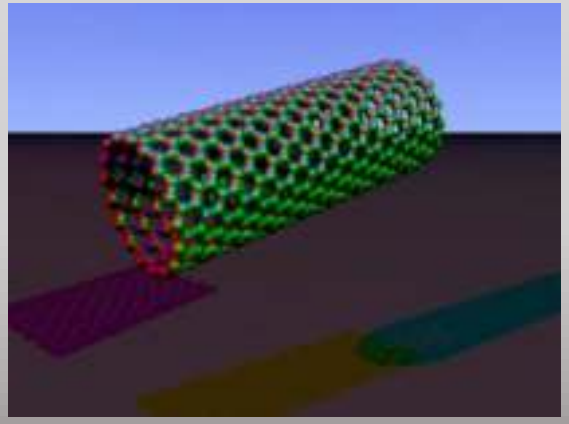


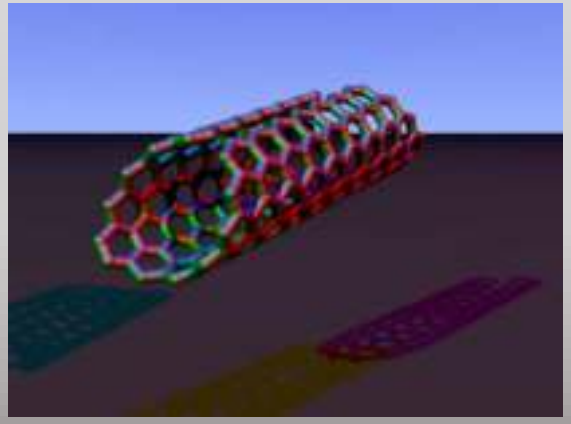
Δομή zig zag



Δομή χειραλική





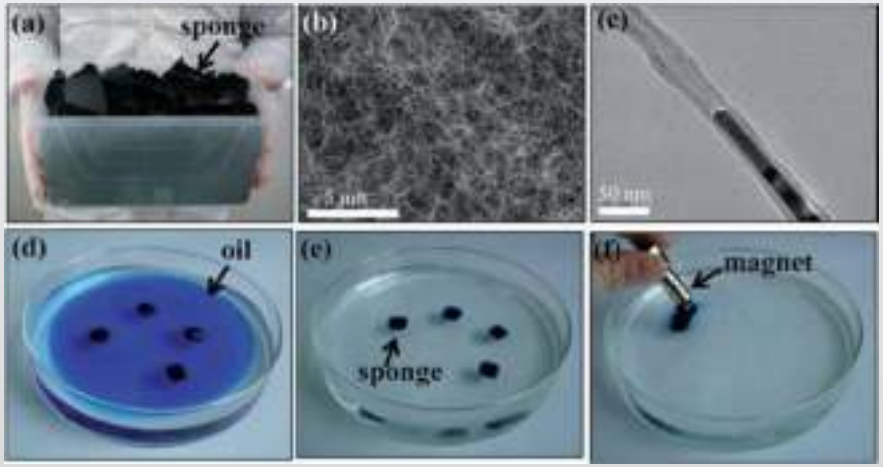


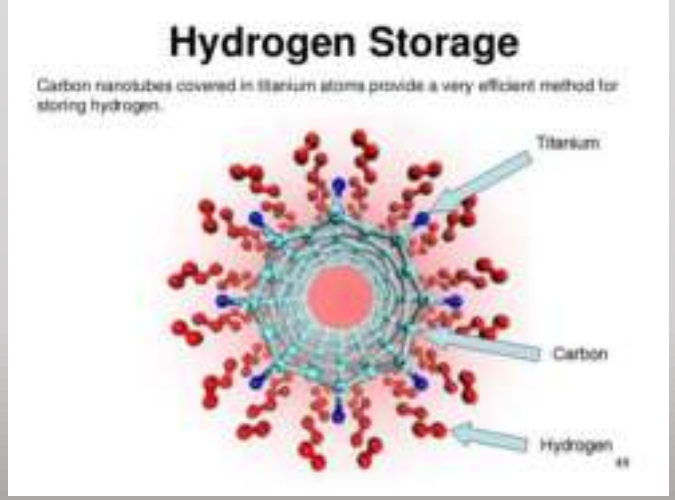
Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

Εφαρμογές





Ευχαριστώ για την προσοχή σας

Ιωάννης Καρτσωνάκης